



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

Trabajo de Graduación

**Determinación de la concentración de pH en hojas de
cultivares clonales *Spondias purpurea* L, en el
Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional
Agraria, Managua, Nicaragua**

AUTORES

Bra. Agnes Marjorie Vindell Blandón

Bra. Tania Patricia Ochoa Aguirre

ASESORES

Ing. MSc. Francisco Giovanni Reyes Flores

Ing. Ernesto Ramón Tünnermann Gutiérrez

Lic. Rosa María Reyes Pérez

Managua, Nicaragua,
Agosto, 2015



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Trabajo de Graduación

Determinación de la concentración de pH en hojas de cultivares clonales *Spondias purpurea* L, en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua

AUTORES:

Bra. Agnes Marjorie Vindell Blandón

Bra. Tania Patricia Ochoa Aguirre

ASESORES:

Ing. MSc. Francisco Giovanni Reyes Flores

Ing. Ernesto Ramón Tünnermann Gutiérrez

Lic. Rosa María Reyes Pérez

Managua, Nicaragua,
Agosto, 2015



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Forestal

Ing. MSc. Edwin Alonzo S.
Presidente

Ing. MSc. Juan José Membreño.
Secretario

Ing. Luis Hernández.
Vocal

Managua, 03 de Agosto del año 2015

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1. Descripción del área de estudio	4
3.2. Proceso metodológico	5
3.2.1. Diseño metodológico a implementarse para determinar la Concentración de pH en las hojas de los 17 cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	5
3.2.2. Recolección del material vegetativo	6
3.2.3. Metodología utilizada en laboratorio	6
a) <i>Pesado de la muestra</i>	6
b) <i>Maceración</i>	7
c) <i>Utilización de solventes químicos</i>	8
d) <i>Medición de pH en folíolos y raquis</i>	9
e) <i>Escala de valores de pH utilizada para esta investigación</i>	9
f) <i>Peso de muestra seca</i>	10
g) <i>Estimación de la pérdida de humedad en las hojas de Spondias purpurea L, en la preparación de materia seca</i>	11
h) <i>Determinación de los valores de pH en la elaboración de infusiones de Spondias purpurea L.</i>	11
i) <i>Análisis estadístico implementando la distribución de frecuencias para determinar el solvente con mayor concentración de acidez en hojas con respecto a los solventes utilizados</i>	12

3.3. Variables a evaluar	15
3.3.1. Determinación del pH de las hojas y raquis verdes	15
3.3.2. Determinación de pH de hojas y raquis secos	15
3.3.3. Determinación de pH de las infusiones de <i>Spondias purpurea</i> L, utilizando Agua destilada	15
3.3.4. Análisis de la información	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Determinación de peso verde de las hojas y raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, recolectadas en el Arboretum de la UNA	17
4.2. Clasificación de los valores de pH ácido en las muestras de hojas y raquis de <i>Spondias purpurea</i> L.	18
4.3. Determinación de pH en las hojas y raquis de los cultivares clonales empleando la maceración directa a nivel de laboratorio con diversos solventes	18
4.3.1. Maceración directa	18
4.3.2. Determinación del pH con el Solvente Benceno	19
4.3.3. Determinación del pH con el Solvente Tetracloruro de carbono	20
4.3.4. Determinación del pH con el Solvente Etanol	21
4.3.5. Determinación del pH con el Solvente Agua destilada	22
4.4. Nivel de pH encontrado en el raquis empleando la maceración directa a nivel de laboratorio con diversos solvente	23
4.4.1. Maceración directa	23
4.4.2. Determinación del pH con el Solvente Benceno	24
4.4.3. Determinación del pH con el Solvente Tetracloruro de carbono	25
4.4.4. Determinación del pH con el Solvente Etanol	26
4.4.5. Solvente Agua destilada	27
4.5. Estimación de la pérdida de humedad en las hojas de <i>Spondias purpurea</i> L, en la preparación de materia seca	29
4.5.1. Determinación del porcentaje de humedad y materia seca en folíolos de <i>Spondias purpurea</i> L	29
4.5.1. Determinación del porcentaje de humedad y materia seca en el raquis de <i>Spondias purpurea</i> L	30
4.6. Determinación de la concentración de pH para la elaboración de infusiones empleando Agua destilada	31
4.6.1. Determinación de pH en folíolos secos	31
4.6.2. Determinación de pH en raquis seco	32
4.7. Análisis estadístico en hojas representadas gráficamente para determinar el solvente y cultivar clonal con mayor concentración de acidez en hojas con respecto a los solventes utilizados	33
4.7.1. Representación gráfica de pH Maceración directa	33
4.7.2. Representación gráfica de pH Solvente Benceno	34

4.7.3. Representación gráfica de pH Solvente Tetracloruro de carbono	35
4.7.4. Representación gráfica de pH Solvente Etanol	35
4.7.5. Representación gráfica de pH Solvente Agua destilada	36
4.8. Representación gráfica para determinar el cultivar clonal con mayor concentración de acidez en el raquis con respecto a los solventes utilizados	37
4.8.1. Representación gráfica de pH Maceración directa	37
4.8.2. Representación gráfica de pH Solvente Benceno	38
4.8.3. Representación gráfica de pH Solvente Tetracloruro de carbono	39
4.8.4. Representación gráfica de pH Solvente Etanol	40
4.8.5. Representación gráfica de pH Solvente Agua destilada	41
4.9. Representación gráfica para determinar el cultivar clonal con mayor concentración de acidez en la elaboración de infusiones	42
4.9.1. Representación foliolos secos	42
4.9.2. Representación raquis seco	43
4.10. Representación gráfica de los valores de pH empleando los solventes químicos para la determinación del nivel de concentración de acidez	44
4.10.1. Valores de concentración de los niveles de pH en foliolos macerados	44
4.10.2. Valores de concentración de los niveles de pH en raquis macerado	45
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. LITERATURA CITADA	49
ANEXOS	51

DEDICATORIA

Gracias a Dios, porque me ha permitido llegar hasta el final de mis estudios y ha sido de gran ayuda para perseverar en el alcance de mis metas.

A mis Padres, Sr. Mario José Vindell Jarquín y Lic. María Jesús Blandón; por su contribución en mi formación personal y profesional.

A mi querida abuelita Sra. Ramona Jarquín de Vindell (q.e.d.p), por haber sido una guía incondicional y un pilar muy importante en mi vida.

A mis tíos y primos; los cuales me apoyaron y dieron consejos sabios para salir adelante con mis estudios.

A mis amigos y compañeros de generación 2009-2013, María Teresa Calderón, Jessica Rodríguez, Darling Guerrero, Freddy Valiente, Carlos Soza, Carlos Allan Haar, Lester Varela, Moisés Izaguirre; por las experiencias vividas en el transcurso de nuestra formación profesional.

Agnes Marjorie Vindell Blandón

DEDICATORIA

Primeramente a Dios que me ha dado la vida para que yo estuviese hasta donde ahora estoy, por la fuerza y valentía que siempre me ha concedido en momentos de dificultades.

A mis padres, Francisco Ochoa Gutiérrez y Fátima del Rosario Aguirre Brenes; por su apoyo y comprensión que siempre me han dado y por todo el sacrificio que hizo para que lograra esta meta deseada.

A mis hermanos queridos, por su apoyo económico que me brindaron durante este periodo.

A mi hijo, Yasser Granados Ochoa, por hacer que fuese una madre con luchas y valores para terminar mi carrera.

A mi esposo, Joel Granados Jarquín por ser una persona especial en mi vida lo quiero mucho por su confianza que me brindo durante este periodo y comprensión.

Tania Patricia Ochoa Aguirre

AGRADECIMIENTO

Al Ing. MSc. Francisco Reyes Flores, Ing. Ernesto Tünnerman Gutiérrez y Lic. Rosa María Reyes; asesores de esta investigación, por guiarme sabiamente en la ejecución de esta investigación, así como su culminación exitosa.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, que contribuyeron a mi formación profesional.

A Lic. Heraldo Salguera, por su valiosa contribución a nivel de laboratorio de Ciencias Biológicas.

A Ing. Pablo Altamirano, por aportes brindados en esta investigación.

Agnes Marjorie Vindell Blandón

AGRADECIMIENTO

A la Organización para el Desarrollo Económico y Social para el Área Urbana y Rural, **(ODESAR)** por el apoyo financiero, con el cual he logrado desarrollar esta investigación científica.

A la Cooperativa Multisectorial de Productores de Café Orgánico de Matagalpa R.L, **(COOMPROCOM)**.

Al Ing. Msc. Francisco Reyes Flores, Ing. Ernesto Tünnerman y Lic. Rosa Reyes; por haberme dado la oportunidad de poder realizar este trabajo y por el apoyo, empeño y dedicación brindado durante la realización del mismo.

Tania Patricia Ochoa Aguirre

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Determinación de peso verde de los foliolos y raquis en los Cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	17
2. Determinación de los valores de pH ácido en el estudio de los cultivares clonales del Arboretum de la UNA, 2015	18
3. Determinación del pH alcanzado a partir de la maceración en foliolos	19
4. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Benceno en foliolos	20
5. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Tetracloruro de carbono en foliolos	21
6. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Etanol en foliolos de acuerdo al pH alcanzado	22
7. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Agua destilada en los foliolos	23
8. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando la muestra de raquis directo de la maceración	24
9. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Benceno en raquis	25
10. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Tetracloruro de carbono en raquis	26
11. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Etanol en raquis	27
12. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Agua destilada en raquis de acuerdo al pH alcanzado	28
13. Peso seco obtenido en proceso de desecación de los foliolos en horno y; porcentaje de humedad y materia seca	29
14. Peso seco obtenido en proceso de desecación del raquis en horno y; porcentaje de humedad y materia seca alcanzados	30
15. Nivel de pH en foliolos encontrados en laboratorio empleando Agua destilada de acuerdo al pH alcanzado en la preparación del Infusiones	31
16. Nivel de pH en raquis encontrados en laboratorio muestra de raquis empleando Agua destilada de acuerdo al pH alcanzado en la preparación del Infusiones	32

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Arboretum de la Universidad Nacional Agraria, donde se recolectaron los diferentes cultivares clonales de Jocote, 2015	4
2. Diseño metodológico implementado para determinar la concentración de pH en las foliolos de los 17 cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, Arboretum Alain Meyrat de la UNA ,2015	5
3. Selección y marcación de las hojas de <i>Spondias purpurea</i> L, en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, 2015	6
4. Determinación del peso verde de los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, 2015	7
5. Maceración de los foliolos y raquis de <i>Spondias purpurea</i> L, trabajo realizado en laboratorio, 2015	7
6. Solventes utilizados para determinar la solubilidad de los foliolos y raquis de <i>Spondias purpurea</i> L, 2015	8
7. Determinación de la concentración de pH, utilizando solventes orgánicos con ayuda del pHmetro, 2015.	9
8. Escala de valores de pH utilizada en este estudio a nivel de laboratorio.	10
9. Proceso de secado en horno y determinación de peso seco de foliolos y raquis de <i>Spondias purpurea</i> L, 2015.	10
10. Preparación del té de los foliolos y raquis de <i>Spondias purpurea</i> L, para la determinación de pH, 2015.	12
11. Valores de concentración de pH alcanzado en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando la maceración directa	33
12. Valores de concentración de pH alcanzado en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente benceno	34
13. Valores de concentración de pH alcanzado en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Tetracloruro de carbono	35
14. Valores de concentración de pH alcanzado en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Etanol	36
15. Valores de concentración de pH alcanzado en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Agua destilada	37

16. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando la maceración directa	38
17. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Benceno	39
18. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Tetracloruro de carbono	40
19. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando el solvente Etanol	41
20. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L, empleando Agua destilada	42
21. Valores de concentración de pH alcanzado en la elaboración de infusiones de foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	43
22. Valores de concentración de pH alcanzado en la elaboración de infusiones en raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	44
23. Valores de pH según el nivel de concentración alcanzado por los solventes utilizados en los foliolos de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	45
24. Valores de pH según el nivel de concentración alcanzado por los solventes utilizados en el raquis de los cultivares clonales de <i>Spondias purpurea</i> L	46
25. Descripción botánica Árbol de <i>Spondias purpurea</i> L	57

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Valores de pH de foliolos de <i>Spondias purpurea</i> L	52
2. Valores de pH de raquis de <i>Spondias purpurea</i> L	53
3. Peso total neto de las hojas de <i>Spondias purpurea</i> L	54
4. Valores de pH seco en las hojas de <i>Spondias purpurea</i> L	55
5. Descripción botánica de la <i>Spondias purpurea</i> L	56
6. Propiedades físicas y químicas de los solventes utilizados en esta investigación	58
7. Glosario elaborado para mejor comprensión de términos desconocidos en esta investigación	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la concentración de pH en las hojas de 17 cultivares clónales de *Spondias purpurea* L, ubicado en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, la metodología utilizada consistió en la recolección del material vegetativo de las cuales se seleccionaron 20 hojas de cada cultivar clonal en buen estado (sanas, verdes y completas). Se procedió medir con ayuda de una balanza el peso verde de las hojas separando los foliolos y el raquis la cuales se rotularon con el nombre de cada cultivar clonal. Para determinar la concentración pH de cada cultivar se recortó los foliolos y el raquis utilizando 3 g de cada muestra, se macera con un mortero hasta obtener materia molida. Una vez macerado los 3 g de cada muestra se determina la solubilidad de las hojas, haciendo uso de solventes como el agua (H_2O), benceno (C_6H_6), etanol (CH_3-CH_2-OH), y tetracloruro de carbono (CCL_4), para ello se utilizó 3 ml de cada solvente. Se empleó el uso de un pHmetro para determinar la concentración de pH de las muestras combinadas con los solventes y pH de la muestra sin solvente. Se obtuvo que el pH del cultivar San franciscano posee mayor contenido de acidez empleando los solventes químicos y el raquis seco para elaborar infusiones, por el contrario las infusiones con los foliolos secos del cultivar Cocer se obtuvo la mayor concentración de acidez.

ABSTRACT

This research aims to determine the concentration of pH in the leaves of 17 clonal cultivars *Spondias purpurea* L, located in the Arboretum Alain Meyrat of the National Agrarian University, the methodology involved the collection of plant material which is they selected 20 sheets of each clonal grow in good condition (healthy, green and full). We proceeded measured using a weight scale green leaves spreading the leaflets and the rachis which were labeled with the name of each clonal cultivar. To determine the pH concentration of each cultivar was cut leaflets and rachis using 3 g of each sample was macerated with a mortar to obtain ground material. Once macerated 3 g shows the solubility of each of the leaves is determined, using solvents such as water (H_2O), benzene (C_6H_6), ethanol (CH_3-CH_2-OH) and carbon tetrachloride (CCL_4) to It 3 ml of each solvent used. Using a pH meter it was used to determine the concentration of sample pH combined with solvents and pH of the sample without solvent. pH was obtained San Franciscan cultivar has higher acid content using chemical solvents and dry rachis to produce infusions, however infusions leaflets dry cultivar Cocer the higher concentration of acid was obtained.

I. INTRODUCCIÓN

El potencial de hidrógeno (pH), en su determinación y control es de gran importancia en las industrias de alimentos, en la utilización y control de microorganismos y enzimas; en la clarificación y estabilización de jugos de frutas y vegetales y de productos fermentados de frutas y cereales; en la producción de mermeladas, jaleas cuya textura está determinada por la concentración del ión hidrógeno (Phillips, *et al.*, 2000).

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 % en el limón (al ácido cítrico puede constituir hasta 60 % de los sólidos solubles totales de la porción comestible). Los ácidos predominantes en frutas son: Cítrico (en la mayoría de las frutas tropicales), el málico (manzana), el tartárico (uvas y tamarindo). Esta determinación puede ser también importante en grasas y aceites, jugos de frutas y vegetales, etc (García y Teyon, 1993).

Uno de los principales componentes de la hoja de *Spondias purpurea* L, es la Vitamina C o Ácido Ascórbico. Químicamente, este es un compuesto orgánico hidrosoluble de 6 átomos de carbono relacionado con la glucosa. Su papel biológico principal es el de actuar como cofactor en diversas reacciones enzimáticas que tienen lugar en el organismo. El ácido ascórbico actúa como coenzima de las hidroxilasas de prolina y lisina (aminoácidos), encargadas de hidroxilar la lisina y prolina en el protocógeno, modificación necesaria para que éste pueda formar los enlaces cruzados y así formar las fibrillas de colágeno.

En este sentido, la vitamina C es importante para el mantenimiento del tejido conjuntivo normal, para la curación de heridas y para la formación del hueso, ya que el tejido óseo contiene una matriz orgánica con colágeno. En su condición de agente reductor, el ácido ascórbico posee otras propiedades importantes, que parecen ser no enzimáticas.

Por ejemplo, ayuda a la absorción del hierro al reducirlo a su estado ferroso en el estómago; protege la vitamina A, vitamina E y algunas vitaminas B de la oxidación; también favorece la utilización del ácido fólico ayudando a la conversión del folato en tetrahidrofolato o mediante la formación de derivados poliglutamato del tetrahidrofolato. Finalmente, la vitamina C es un antioxidante biológico que protege al organismo del estrés oxidativo provocado por las especies oxígeno reactivas.

En Nicaragua, existe una gran riqueza en plantas de diferentes especies, diversidad de utilidad y por ende el aprovechamiento económico, es importante destacar las plantas de fruticultura, por tanto, el jocote (*Spondias purpurea* L), según Baraona, (2000), es muy popular entre la población del trópico, pero poco cultivada comercialmente. Algunos estudios fitoquímicos y bromatológicos demuestran la presencia de nutrientes esenciales en las hojas de jocote, con alto potencial en el tratamiento de ciertas patologías.

Por lo expuesto, el pH tiene amplias aplicaciones. La escala del pH va desde 0 hasta 14. Los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro (Chang, 1999).

La información científica generada en este trabajo de investigación acceda a diferentes sectores a conocer mejor los cultivares clónales y se pretende determinar las variaciones del pH en las hojas 17 cultivares de *Spondias purpurea* L. Cabe señalar que en Nicaragua, existe muy poca información sobre la especie, sin embargo esta información ha dado evidencia que es una fruta de fácil propagación y con un potencial rentable, muy pocos se han interesado por el estudio y cultivo del mismo.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar la concentración de pH en hojas de 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, como uno de los principales indicadores fitoquímicos y bromatológicos para su correspondiente aprovechamiento en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria.

2.2. Objetivos específicos

1. Comparar variaciones del pH en foliolos y raquis de 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, utilizando solventes orgánicos en foliolos recolectadas en época húmeda.
2. Estimar pérdida de humedad en los foliolos y raquis de *Spondias purpurea* L, en la preparación de materia seca.
3. Identificar de acuerdo al pH obtenido los foliolos y raquis del cultivar *Spondias purpurea* L, la mayor riqueza fitoquímica para la elaboración de infusiones.
4. Identificar el comportamiento de la acidez en las muestras de cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando algunos solventes orgánicos característicos, mediante un análisis estadístico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El Arboretum de la Universidad Nacional Agraria (Figura 1), es un área de conservación ex situ que está dedicado principalmente al cultivo, cuidado y conservación de Árboles, Arbustos y otras plantas de interés científico, para formar colecciones vivas de plantas arbóreas, con la intención de estudiarlos científicamente (Bustillo y Peña, 2012).

Se encuentra en las coordenadas 12°8'N 86°15'O. El clima predominante es el de Sabana Tropical (**Aw**) según clasificación de Koppen. Este clima, se caracteriza por presentar una marcada estación seca de cuatro a cinco meses de duración. Desde el punto de vista de la fisionomía vegetal las formaciones forestales son caducifolias, sub-caducifolias, y perennifolias (Salas, 1993).

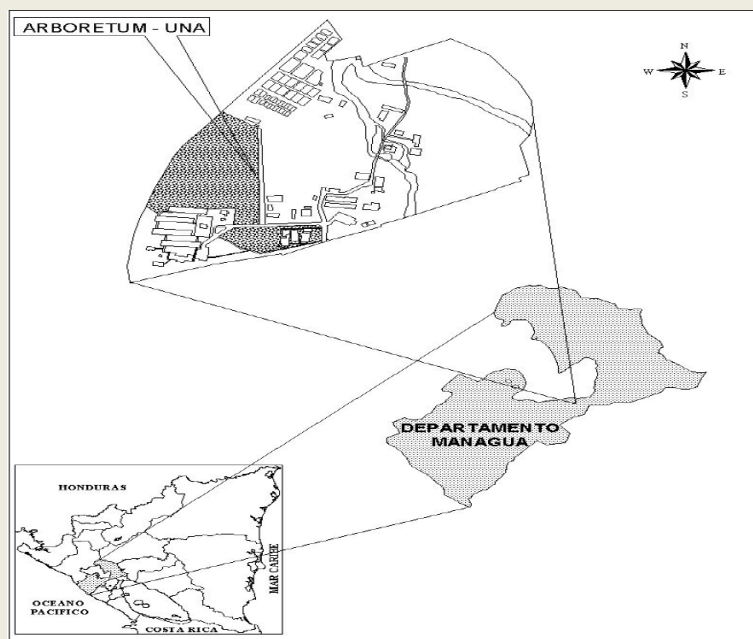


Figura 1. Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, donde se recolectaron los diferentes cultivares clonales de Jocote, 2015 (Bustillo y Peña; 2012).

3.2. Proceso metodológico

3.2.1. Diseño metodológico a implementarse para determinar la concentración de pH en las hojas de los 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L

En la figura 2, se presenta en diseño de la metodología a utilizar para determinar la concentración de pH en las hojas de los cultivares de *Spondias purpurea* L, establecida en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, proceso el cual se realiza solamente en la época húmeda del año. El modelo implementado en esta investigación es un diseño experimental ya que este no se basa en ideas, sino en análisis directo para obtener valores en este caso mediante un análisis cuantitativo.

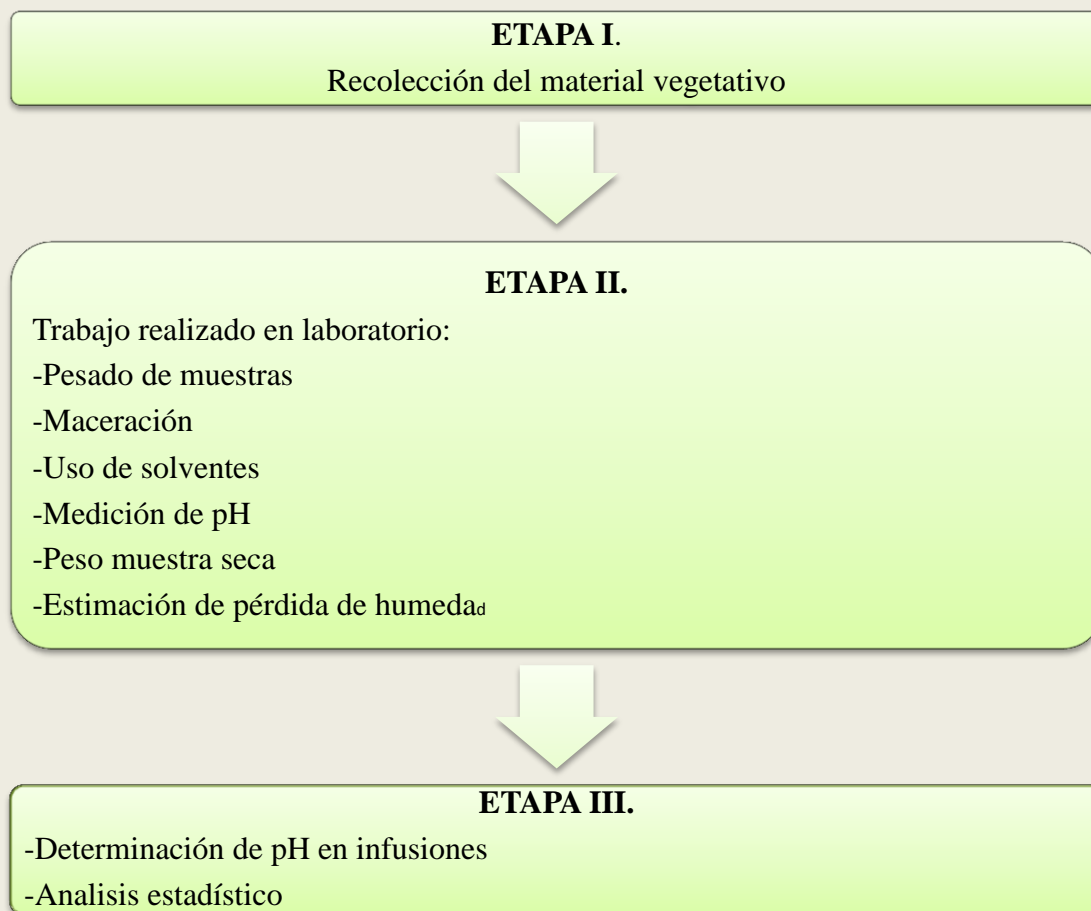


Figura 2. Diseño metodológico implementado para determinar la concentración de pH en las hojas de los 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, Arboretum Alain Meyrat de la UNA 2015.

3.2.2. Recolección del material vegetativo

Primeramente se hizo un recorrido en el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria, (Figura 3) lugar en donde se encuentra la plantación de 17 cultivares clonales y se procede a extraer muestras de foliolos de cada cultivar clonal con las siguientes condiciones: hojas verdes, sanas y completas; colectándose 20 muestras de cada una con la ayuda de una tijera podadora de mano, las muestras se colocan en sobres de papel previamente rotuladas.

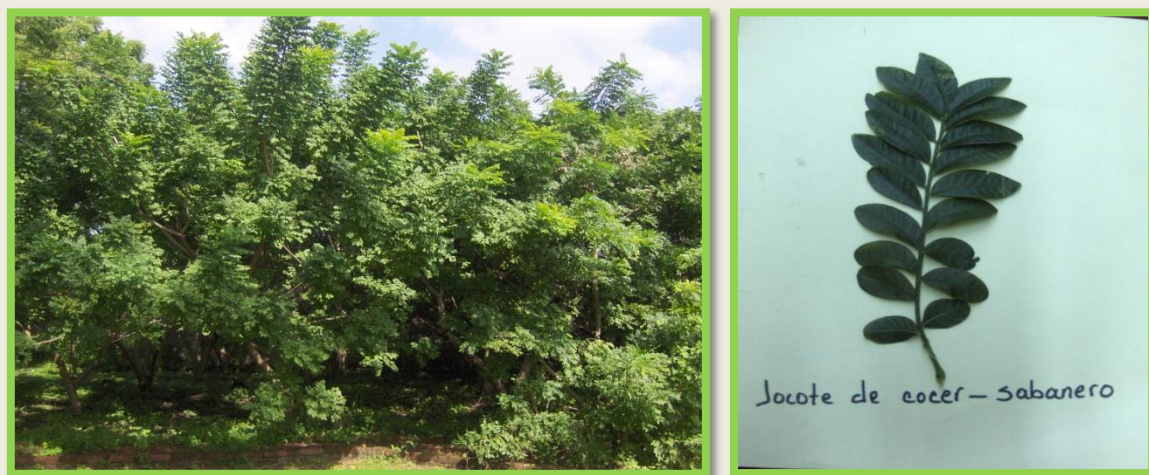


Figura 3. Selección y marcación de las hojas de *Spondias purpurea* L, en el Arboretum de la Universidad Nacional Agraria, 2015.

3.2.3. Metodología utilizada en el laboratorio de Ciencias Biológicas

a) Pesado de la muestra

Una vez recolectadas las muestras se cortan y se separan los foliolos del raquis determinándose el peso verde de ambas (Figura 4), se empacan en bolsas plásticas selladas previamente rotuladas y se colocan en un refrigerador por un periodo de 24 horas para conservar la humedad de las hojas previo al momento de trabajar en laboratorio.



Figura 4. Determinación del peso verde de las hojas de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, 2015.

b) Maceración

Primeramente se cortan los foliolos y el raquis con ayuda de una tijera para facilitar el proceso; se pesa con una balanza digital hasta obtener 3 g de cada muestra (foliolos y el raquis) al igual que la bolsa de papel en donde se coloca las muestras, se maceran con un mortero hasta obtener materia molida y pastosa (Figura 5).



Figura 5. Maceración de los foliolos y raquis de *Spondias purpurea* L.

c) Utilización de solventes químicos

Para determinar la solubilidad de la hoja (materia seca) se utilizan solventes como el agua (H_2O), etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), benceno (C_6H_6) y tetracloruro de carbono (CCl_4). Para ello fue necesario utilizar una probeta graduada y medir 3 ml de cada solvente (Figura 6). En análisis experimentales se recomienda utilizar de 3 ml a 5 ml de reactivos, establecido por el método Standard para Análisis Químico (Clesceri, *et al.*, 1989).

Los disolventes orgánicos son compuestos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes, para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose como agente de limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas y el disolvente se evapora. Los compuestos orgánicos volátiles o COVs se definen como todo compuesto orgánico (cuya estructura química tenga de base el elemento carbono (Recio del Bosque, 2000).

La vitamina C es un compuesto orgánico, sin embargo su solubilidad en disolventes orgánicos es baja y alta en agua. A 20°C , 1 g de ácido ascórbico se solubiliza en 3 ml de agua, pero en etanol requiere 30 ml de etanol. En otros solventes orgánicos va disminuyendo la solubilidad del mismo.



Figura 6. Solventes utilizados para determinar la solubilidad de los folíolos y raquis de *Spondias purpurea* L.

d) Medición del pH de folíolos y raquis verdes

Este procedimiento se realizó con ayuda del pHmetro CRISON debidamente calibrado. Para evitar errores en la medición del pH se limpia la punta del electrodo con agua destilada y luego con una toalla limpia después de cada análisis, inmediatamente se anota el valor de pH obtenido. Se determina el potencial de hidrógeno de cada muestra a temperatura ambiente. En los 3 g de cada muestra de folíolos y de raquis ya macerados se aplica 3 ml por separado de cada solvente químico: el agua, benceno, tetracloruro de carbono, etanol (líquidos), con la finalidad de obtener una solución homogénea; además se da la medición del pH del folíolo y el raquis directo de la maceración (Figura 7).



Figura 7. Determinación de la concentración de pH, utilizando solventes orgánicos con ayuda del pHmetro, 2015.

e) Escala de valores de pH utilizada en esta investigación

En la figura 8, se observa la escala utilizada para medir los valores de pH en las hojas de los 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, para determinar su solubilidad haciendo uso de diferentes solventes como el agua (H_2O), etanol (CH_3-CH_2-OH), tetracloruro de carbono (CCl_4) y benceno (C_6H_6). La escala del pH va desde 0 hasta 14. Los valores menores que 7 indican el rango de acidez y los mayores que 7 el de alcalinidad o basicidad. El valor 7 se considera neutro, como ya se había indicado.

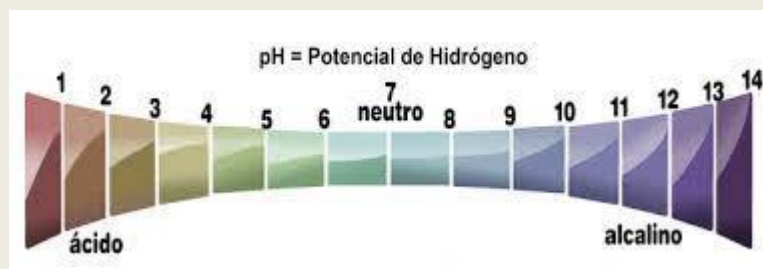


Figura 8. Escala de valores de pH utilizada para determinar la concentración de pH en las hojas de *Spondias purpurea* L, 2015.

f) Peso de muestra seca

Después del secado de los folíolos y raquis (deshidratación o pérdida de la humedad) haciendo uso del horno EHRET, en el cual el secado de las muestras se realizó en un periodo de 2 días a 70°C de temperatura, se procede al pesaje de las mismas empleando la balanza analítica, con la finalidad de identificar la cantidad de agua asociada a cada muestra (Figura 9).



Figura 9. Proceso de secado en horno y determinación de peso seco de folíolos y raquis de *Spondias purpurea* L, 2015.

g) Estimación de la pérdida de humedad en las hojas de *Spondias purpurea* L, en la preparación de materia seca

Según Rubner (2013), la cantidad conocida de producto se deseca a una temperatura hasta obtener un peso constante. El peso obtenido después de la desecación y calculado su porcentaje, representa el extracto seco. Estableció la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad y materia seca:

$$\text{Porcentaje de Humedad (\%)} = \text{PV} - \text{PS} / \text{PV} * (100)$$

Dónde:

PV: Peso verde de las foliolos

PS: Peso seco de las foliolos

Una vez encontrando el porcentaje de humedad se deriva la ecuación para obtener el porcentaje de Materia seca:

$$\text{Porcentaje de materia seca (\%)} = 100 \% - \% \text{ Humedad}$$

h) Determinación de los valores de pH en la elaboración de Infusiones de *Spondias purpurea* L

Se procede a medir el pH de los foliolos y raquis ya secados en horno; en una estufa marca SANKEY se calienta 1 galón de agua destilada (Figura10), se rotula cada vaso en donde se encuentran contenidos 1g de cada muestra (foliolos y raquis), mezcladas con 1 oz de agua destilada caliente para comprobar que los foliolos y el raquis de cada muestra se disuelven y obtiene cierta coloración procedente de estas; se deja reposar en un periodo de 1 hora; seguidamente se mide el pH de cada muestra.



Figura 10. Preparación de infusiones de los foliolos y raquis de *Spondias purpurea* L, para la determinación de pH, 2015.

i) Análisis estadístico implementando la distribución de frecuencias para determinar el solvente con mayor concentración de acidez en foliolos y raquis con respecto a los solventes utilizados

Para determinar el solvente mezclado con las muestras maceradas que reaccionó con mayor concentración de acidez se procedió a emplear análisis estadístico mediante las tablas de distribución de frecuencias.

Según Spiegel (1991), las Tablas de frecuencias son herramientas de Estadística donde se colocan los datos en columnas representando los distintos valores recogidos en la muestra (una parte de la población a estudiar) y las frecuencias (las veces) en que ocurren.

Los elementos utilizados en la tabla de frecuencia

Datos

Los datos son los valores de la muestra recogida en el estudio estadístico

Frecuencia absoluta

La frecuencia absoluta (n_i) es el número de veces que aparece un determinado valor en un estudio estadístico. Número de veces que se repite el i -ésimo valor de la variable. La suma de las frecuencias absolutas es igual al número total de datos, que se representa por n .

Frecuencia absoluta acumulada

La Frecuencia absoluta acumulada (N_i) es la suma de las frecuencias absolutas de todos los valores inferiores o iguales al valor considerado. Se interpreta como el número de observaciones menores o iguales al i -ésimo valor de la variable.

$$N_1 = n_1; N_2 = n_1 + n_2 = N_1 + n_2; N_3 = n_1 + n_2 + n_3 = N_2 + n_3$$
$$N_k = n.$$

Frecuencia relativa

La frecuencia relativa (f_i) es la proporción de veces que se repite un determinado dato. La frecuencia relativa es el cociente entre la frecuencia absoluta de un determinado valor y el número total de datos. La suma de las frecuencias relativas es igual a 1.

$$f_i = n_i/n * 100$$

Medidas de tendencia central (Media aritmética o promedio)

La medida de tendencia central más ampliamente usada es la media aritmética, se define como la suma de los valores de los N_i números, divididos entre N (total de la población). En este caso la media aritmética determina la concentración de pH encontrada en las muestras maceradas aplicando los solventes químicos y el agua.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Desviacion media

En estadística la desviación absoluta promedio o, sencillamente desviación media o promedio de un conjunto de datos es la media de las desviaciones absolutas y es un resumen de la dispersión estadística.

$$D_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|$$

Donde:

D_m: desviacion media

N: Total de individuos

ΣXi- \bar{x} : sumatoria defrecuencias de las desviaciones absolutas

Varianza y error estándar

Cuantifica la dispersión de los datos con respecto a la media.se obtiene como la media de las desviaciones cuadráticas de cada dato con respecto a la media.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Dónde:

S²: Varianza

Xi: Marca de clase

\bar{x} : media aritmética

n: población

Coefficiente de variación

Una de las medidas suficientemente útil es la obtención del coeficiente de variación, el cual se define como el cociente entre la desviación estándar y la media aritmética, mostrando para bajos valores una alta concentración de los datos. Su expresión es dada para determinar el mayor porcentaje mayor acidez en este estudio.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

Dónde:

\bar{x} y s : son la media y la desviación estándar, respectivamente, para una misma población.

3.3. Variables a evaluar

3.3.1. Determinación del pH de los folíolos y raquis verdes

Se recolectaron folíolos, tomando en cuenta que serán utilizadas para determinar el pH de cada cultivar clonal y así demostrar cual es el que posee mayor concentración de acidez.

3.3.2. Determinación del pH de folíolos y raquis secos

En el proceso de desecación de las hojas se realiza con el fin de demostrar la cantidad de agua perdida en cada muestra de folíolos y raquis de *Spondias purpurea* L (Rubner, 2013).

3.3.3. Determinación del pH de las infusiones de *Spondias purpurea* L, utilizando agua destilada

Demostrar mediante la medición de pH las muestras de folíolos y raquis secados en horno con mayor concentración de acidez, por consiguiente con mayor riqueza fitoquímica para la elaboración de infusiones.

3.3.4. Análisis de la información

El análisis de la información se obtuvo mediante la utilización del programa Microsoft Excel, el cual está exclusivamente diseñado para procesar este tipo de datos como peso verde de los folíolos y raquis, medición de pH utilizando solventes orgánicos, peso total neto, peso de hojas secas, pH de infusiones y gráficas para representar la concentración de pH de las muestras al manipularlas con los solventes orgánicos; de cuales se logró recopilar con la utilización del equipo de laboratorio, la balanza electrónica y el pHmetro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de peso verde en folíolos y raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L recolectados en el Arboretum de la UNA

En el cuadro 1, se puede observar que los folíolos del Cultivar clonal Guaturco es el que posee mayor peso (67.56 g), según lo observado en las hojas de este cultivar los folíolos poseen mayor longitud. En estudio realizado por Ordoñez (2004) afirma que posiblemente su hoja es la que contiene el mayor número de folíolos con 21; mientras que el menor peso de folíolos se encuentra en el cultivar Cabezón (31.8 g). En el raquis el cultivar clonal de Jocote Rosa es que posee mayor peso (20.92 g) y el menor peso verde se encuentra en el Cultivar Cabezón (6.75); el contenido de humedad en el raquis depende de su grosor.

Cuadro 1. Determinación de peso verde de los folíolos y raquis en los Cultivares clonales de *Spondias purpurea* L

C. CLONALES	N° FOLIOLOS	PESO DE FOLIOLOS (g)	PESO DE RAQUIS(g)
Jocote Jirón	20	41.84	8.83
Jocote bejuco		60.77	15.79
Jocote diente de perro		36.07	10.72
Jocote cabezón		31.80	6.75
Jocote rosa		64.93	20.92
Jocote de cocer sabanero		41.07	11.55
Jocote mico		46.86	14.31
Jocote tamal choco		36.36	8.18
Jocote agostño		48.47	14.62
Jocote tronador		35.68	7.17
Jocote verde dulce		44.55	11.88
Jocote chicha		56.56	12.97
Jocote Guaturco		67.56	14.79
Jocote jimoyo		40.45	11.22
Jocote san franciscano		67.19	17.25
Jocote tamalito		52.25	15.4
Jocote de cocer		58.29	17.72

4.2. Clasificación de los valores de pH ácido en las muestras de folíolos y raquis de *Spondias purpurea* L

Para una mejor comprensión de esta investigación y al obtener valores de pH menores que 7 (pH Ácido) se consideró emplear una escala del pH mostrada por las muestras de los cultivares clonales obtenido en el laboratorio. Para esto se consideró tres escalas de clasificación según V.A. SULIN: Fuertemente ácido, Ácido, Débilmente ácido (Chang, 2010). En el cuadro 2 se refleja el valor para cada escala de este trabajo.

Cuadro 2. Determinación de los valores de pH ácido en el estudio de los cultivares clonales del Arboretum de la UNA, 2015

CLASIFICACIÓN	Fuertemente Ácido	Ácido	Débilmente Ácido
NIVEL DEL pH	<3.5	3.5 - 5.5	5.5 - 6.8

4.3. Determinación del pH en las folíolos de los cultivares clonales empleando la maceración directa a nivel de laboratorio con diversos solventes

4.3.1. Maceración directa

En el cuadro 3, se indica que el 82.3 % con un total de 14 cultivares clonales empleando las muestras directas de la maceración se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 17.7 % que representan 3 cultivares se ubica como Ácido, no habiendo reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. En este caso los folíolos poseen un componente ácido en su mayoría, se debe tomar en cuenta que la recolección se realizó solamente en la época húmeda del año. Esta prueba se puede considerar como testigo del pH debido a que no se emplea ninguno de los solventes químicos.

Cuadro 3. Determinación de pH alcanzado a partir de la maceración de foliolos

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	82.3%
	Jocote Agostño	
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
Ácido	Jocote Tronador	17.7%
	Jocote Cocer	
	Jocote Jirón	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.3.2. Solvente Benceno

En 14 cultivares clonales se obtuvo un 76 % empleando el solvente benceno, aplicado en las muestras se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 23.5 % que representa 3 cultivares restantes se ubica como Ácido, no encontrándose ningún cultivar en Débilmente Ácido. Se determinó en este caso que los foliolos poseen un componente ácido en su mayoría (Cuadro 4).

Al comparar los cultivares directos de la maceración empleando el solvente benceno se observó que en los cultivares Chicha y Verde dulce aumentó su nivel de concentración de pH como Ácido (Cuadro 2); al contrario del cultivar Jirón antes de utilizar el solvente se consideraba Ácido y al aplicar Benceno disminuyó su nivel y ahora es clasificado como débilmente ácido.

Cuadro 4. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Benceno en foliolos

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	76.5%
	Jocote Agosteo	
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Jirón	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
Ácido	Jocote Tronador	23.5%
	Jocote Cocer	
	Jocote Verde Dukce	
	Jocote Chicha	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.3.3. Solvente Tetracloruro de Carbono (CCl₄)

Al clasificar de acuerdo al pH, se indica que el 88.2 % representando 15 de los cultivares clonares empleando el solvente Tetracloruro de carbono se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 11.8% con un total de 2 cultivares se ubica como Ácido, no habiendo reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. Los foliolos poseen en su mayoría un componente ácido.

Comparando los cultivares directos de la maceración utilizando el solvente Tetracloruro de carbono se observó que en los cultivares Cocer y Guaturco aumento su nivel de concentración de pH por lo que se les considera según la clasificación de pH como Ácido (Cuadro 2), por el contrario del cultivar Jirón antes de utilizar el solvente se consideraba Ácido; al aplicar Tetracloruro de carbono disminuyó su nivel y clasificándole como Fuertemente ácido.

Cuadro 5. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Tetracloruro de carbono en foliolos

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	88.2%
	Jocote Agostño	
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cocer	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
	Jocote Jirón	
Ácido	Jocote Tronador	11.8%
	Jocote Guaturco	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.3.4. Solvente Etanol

El 64.7 % de los cultivares clonales en total se encontraron 11 utilizando el solvente Etanol se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 35.3 % que representa 6 cultivares se ubica como Ácido, no se encontró ningún cultivar en la clasificación Débilmente Ácido. Los foliolos poseen un componente ácido en su mayoría, tal como se refleja en el Cuadro 6.

Realizando la comparación de los cultivares directos de la maceración empleando el solvente Etanol se observó que en los cultivares de Cocer sabanero, Verde dulce y Guaturco aumentaron su nivel de concentración por lo que se les considera según el cuadro 2 como Ácido, no reflejándose ningún cultivar que disminuya su concentración de pH.

Cuadro 6. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente etanol en foliolos

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	64.7%
	Jocote Agosteoño	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
Ácido	Jocote Tronador	35.3%
	Jocote Cocer sabanero	
	Jocote Jirón	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Guaturco	
	Jocote de Cocer	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.3.5. Solvente Agua destilada

En el cuadro 7, se indica que el 76.5 %, totalizando 13 cultivares clonares empleando las muestras con Agua destilada se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 23.5 % restante con total de 4 cultivares, se ubica como Ácido, no habiendo reflejado ningún cultivar en Débilmente Acido, por lo que se puede afirmar que las foliolos poseen un componente ácido en su mayoría.

Empleando el Agua destilada en los cultivares directo de maceración se observó que en el cultivar Verde dulce aumentó su nivel de concentración por lo que se considera según la clasificación de pH como Ácido.

Cuadro 7. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Agua destilada en los foliolos

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	76.5%
	Jocote Agostño	
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
Ácido	Jocote Tronador	23.5%
	Jocote Cocer	
	Jocote Jirón	
	Jocote Verde dulce	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.4. Nivel de pH encontrados en raquis en laboratorio empleando la maceración directa a nivel de laboratorio con diversos solventes

4.4.1. Maceración directa

En el cuadro 8, se indica que el 47.1 % de los cultivares clonares empleando las muestras de raquis directas de la maceración representa 8 cultivares que se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 52.9 obteniendo 9 cultivares, se ubica como Ácido, no reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. En este caso el raquis posee un componente ácido, se debe tomar en cuenta que la recolección se realizó solamente en la época húmeda del año.

Cuadro 8. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando la muestra de raquis directa de la maceración

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	47.1%
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
Ácido	Jocote Tronador	52.9%
	Jocote Agosteoño	
	Jocote Cocer	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jirón	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Guaturco	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.4.2. Solvente Benceno

Al emplear las muestras con el solvente Benceno resultó que el 64.7 % se clasifica como Fuertemente Ácido con un total de 11 muestras, y un 35.3 % representando en la diferencia 6 muestras se ubica como Ácido, no encontrándose manifestado ningún cultivar en Débilmente Ácido. Se resume este caso que el raquis posee en su mayoría, un componente ácido, como se indica en el Cuadro 9.

Implementando en el raquis el mismo procedimiento de comparación que en los foliolos se reveló que en los cultivares directo de la maceración empleando en solvente Benceno en los cultivares Guaturco, Rosa y Bejuco aumentó su nivel de concentración por lo que se supone según la clasificación de pH como Ácido (Cuadro 2); el cultivar Agosteoño previo al utilizar el solvente se consideraba Ácido y al aplicar Benceno disminuye su nivel y es clasificado como Fuertemente ácido.

Cuadro 9. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Benceno en raquis

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Agostño	64.7%
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Bejuco	
Ácido	Jocote Tronador	35.3%
	Jocote Cocer	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Tamalito	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Jirón	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.4.3. Solvente Tetracloruro de Carbono

Al aplicar Tetracloruro de Carbono el 35.3 % con un total de 6 muestras de los cultivares clonares se clasifica como Fuertemente Ácido, y un 64.7 % representa la diferencia con 11 muestras, se ubica como Ácido, no encontrándose reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. El raquis posee un componente ácido en su mayoría (Cuadro 10).

Empleando el solvente Tetracloruro de carbono y al comparar las muestras directas de la maceración se observó que en los cultivares Rosa, Tamalito, Mico y Chicha aumentan su nivel de concentración por lo que se les considera como Ácido (Cuadro 2); el cultivar Agostño se consideraba Ácido y al aplicar Tetracloruro de carbono disminuyó su nivel clasificándolo como Fuertemente ácido.

Cuadro 10. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Tetracloruro de carbono en raquis

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Agostño	35.3%
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
Ácido	Jocote Tronador	64.7%
	Jocote Tamalito	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Cocer	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Jirón	
	Jocote Bejuco	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.4.4. Solvente Etanol

En el cuadro 11, se indica que el 5.9 % representa 1 muestra de los cultivares clonares manipulando las muestras con el solvente Etanol se ubica como Fuertemente Ácido, y un 94.1 % en diferencia con 16 muestras en total se clasifica como Ácido, no habiendo reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. El raquis posee un componente ácido en su mayoría.

En la maceración directa aplicando Etanol se observó que en los cultivares de Tamalito, Cocer sabanero, Mico, Diente de perro, Tamalchoco, Cabezón y Chicha aumenta su nivel de concentración por lo que se les considera Ácido (Cuadro 2); quedando el cultivar San franciscano en el nivel Fuertemente ácido.

Cuadro 11. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Etanol en raquis

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote San franciscano	5.9%
Ácido	Jocote Tronador	94.1%
	Jocote Tamalito	
	Jocote Agosteo	
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote Cocer	
	Jocote Jirón	
	Jocote Mico	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Bejuco	
	Jocote Chicha	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.4.5. Solvente Agua destilada

Se indica que el 47.1 %, representando 8 muestras de los cultivares clonares aplicando Agua destilada se clasifica en el nivel de pH Fuertemente Ácido, y un 52.9 % la diferencia se representa con 9 muestras se identifica como Ácido, no reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. El raquis contiene un componente ácido en su mayoría, el cual se refleja en el Cuadro 12.

Empleando el solvente agua destilada en las muestras directas de maceración se revela que el cultivar Diente de perro aumentó su nivel de concentración por lo que su valor de pH se considera Ácido; al contrario del cultivar Rosa antes de utilizar el solvente se considera Ácido y al aplicar Agua destilada disminuyó su nivel a Fuertemente ácido.

En general, se puede afirmar que el pH disminuye en algunas de las muestras de foliolos como en el raquis de los cultivares clonales, ya que estas aumentan las concentraciones de iones H^+ ya que a mayor concentración de iones H^+ mayor acidez en la muestra, es decir en términos “menor pH, mayor concentración de acidez”, lo opuesto ocurre cuando en las muestras sufren incremento de pH (mayor pH, menor concentración de acidez).

Cuadro 12. Nivel de pH encontrados en laboratorio empleando el solvente Agua destilada en raquis

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote Tamalito	47.1%
	Jocote de Cocer sabanero	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Mico	
	Jocote Chicha	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Rosa	
Ácido	Jocote Tronador	52.9%
	Jocote Agosteoño	
	Jocote Cocer	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Jirón	
	Jocote Bejuco	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.5. Estimación de la pérdida de humedad en las hojas de *Spondias purpurea* L, en la preparación de materia seca

4.5.1. Determinación del porcentaje de humedad y materia seca en folíolos de *Spondias purpurea* L

En el Cuadro 13, se identifica que el mayor porcentaje de humedad en los folíolos de *Spondias purpurea* L, se encuentra en el Cultivar clonal de Jocote Rosa (71.5 %) y el Cultivar de Jocote Tamalito (63.15 %) es el que posee menor porcentaje de humedad. Resultó luego del proceso de secado que los folíolos del Cultivar de Jocote Tronador (38.7 %) se encuentra mayor porcentaje de materia seca, y el Cultivar clonal de Jocote Rosa posee menor porcentaje de materia seca (28.5 %).

Cuadro 13. Peso seco obtenido en proceso de desecación de los folíolos en horno y; porcentaje de humedad y materia seca

C.CLONALES	% HUMEDAD	PESO SECO (g)	% MATERIA SECA
Jocote Jirón	68.2	13.3	31.8
Jocote bejuco	69.1	18.8	30.9
Jocote diente de perro	64.5	12.8	35.5
Jocote cabezón	65.4	11.0	34.6
Jocote rosa	71.5	18.5	28.5
Jocote de cocer sabanero	64.9	14.4	35.1
Jocote mico	66.3	15.8	33.7
Jocote tamal choco	64.8	12.8	35.2
Jocote agostño	67.6	15.7	32.7
Jocote tronador	61.3	13.8	38.7
Jocote verde dulce	66.5	14.9	33.5
Jocote chicha	69.7	17.1	30.3
Jocote Guaturco	69.9	20.3	30.1
Jocote jimoyo	69.9	12.3	30.1
Jocote san franciscano	68.3	21.3	31.7
Jocote tamalito	63.1	19.3	36.9
Jocote de cocer	68.7	18.2	31.3

4.5.2. Determinación del porcentaje de humedad y materia seca en raquis de *Spondias purpurea* L

En el Cuadro 14, se identifica que el mayor porcentaje de humedad en el raquis de *Spondias purpurea* L, se encuentra en el Cultivar clonal de Jocote Rosa (63.2 %) y el Cultivar de Jocote Tamalchoco (7.1 %) es el que posee menor porcentaje de humedad. Resultó luego del proceso de secado que el raquis del Cultivar clonal de Jocote Tamalchoco (92.9 %) se encuentra mayor porcentaje de materia seca, y el Cultivar de Jocote Rosa (36.8%) posee menor porcentaje de materia seca.

Cuadro 14. Peso seco obtenido en proceso de desecación del raquis en horno y; porcentaje de humedad y materia seca

C. CLONALES	% HUMEDAD	PESO SECO (g)	% MATERIA SECA
Jocote Jirón	62.6	3.3	37.4
Jocote bejuco	49.9	7.9	50.1
Jocote diente de perro	24.4	8.1	75.6
Jocote cabezón	58.8	6.9	41.2
Jocote rosa	63.2	7.7	36.8
Jocote de cocer sabanero	22.1	9.0	77.9
Jocote mico	51.7	6.9	48.3
Jocote tamalchoco	7.1	7.6	92.9
Jocote agosteo	55.5	6.5	44.5
Jocote tronador	57.5	7.3	42.5
Jocote verde dulce	50.3	5.9	49.6
Jocote chicha	36.1	8.3	63.9
Jocote Guaturco	61.5	5.7	38.5
Jocote jimoyo	31.4	7.7	68.6
Jocote san franciscano	52.5	8.2	47.5
Jocote tamalito	52.6	7.3	47.4
Jocote de cocer	61.6	6.8	38.4

4.6. Determinación de la concentración de pH para la elaboración de Infusiones, empleando Agua destilada

4.6.1. Determinación del pH en foliolos secos

En el Cuadro 15 se refleja el 35.3 % en foliolos secas de los cultivares clonares aplicando Agua destilada para la elaboración de las infusiones, se clasifica en el nivel de pH Fuertemente Ácido, y un 64.7 % se identifica como Ácido, no encontrándose ningún cultivar en Débilmente Ácido. El raquis contiene un componente ácido en su mayoría.

Cuadro 15. Nivel de pH en foliolos encontrados en laboratorio empleando Agua destilada de acuerdo al pH alcanzado en la preparación del Infusiones

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote de Cocer sabanero	35.3 %
	Jocote Mico	
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Cocer	
Ácido	Jocote Tronador	64.7 %
	Jocote Agosteo	
	Jocote Chicha	
	Jocote Rosa	
	Jocote Tamalito	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote San franciscano	
	Jocote Jirón	
	Jocote Bejuco	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.6.2. Determinación del pH en raquis seco

Se indica que el 35.3 % de las muestras de raquis seco, aplicando Agua destilada para la elaboración de las infusiones se clasifica en el nivel de pH Fuertemente Ácido, y un 64.7 % se identifica como Ácido, no reflejado ningún cultivar en Débilmente Ácido. El raquis contiene un componente ácido en su mayoría, el cual se refleja en el Cuadro 16.

Al cotejar las muestras de raquis secos para elaboración de infusiones con las muestras de foliolos secos se reveló que poseen igual porcentaje de concentración de pH; los cultivares de Cocer y Mico aumenta su nivel de concentración por lo que según la clasificación de pH como Ácido (Cuadro 2). Los cultivares San franciscano y Bejuco disminuye, se clasifica como Fuertemente ácido.

Cuadro 16. Nivel de pH en raquis encontrados en laboratorio muestra de raquis empleando Agua destilada de acuerdo al pH alcanzado en la preparación del Infusiones

CLASIFICACIÓN DEL pH	CULTIVAR CLONAL	PORCENTAJE
Fuertemente ácido	Jocote de Cocer sabanero	35.3 %
	Jocote San franciscano	
	Jocote Bejuco	
	Jocote Tamalchoco	
	Jocote Cabezón	
	Jocote Cocer	
Ácido	Jocote Tronador	64.7 %
	Jocote Jimoyo	
	Jocote Agosteoño	
	Jocote Chicha	
	Jocote Rosa	
	Jocote Tamalito	
	Jocote Mico	
	Jocote Diente de perro	
	Jocote Guaturco	
	Jocote Verde dulce	
	Jocote Jirón	
Débilmente ácido	Ninguno	0.0%

4.7. Representación gráfica para determinar el solvente y cultivar clonal con mayor concentración de acidez en folíolos con respecto a los solventes utilizados

4.7.1. Representación gráfica de pH maceración directa

Los valores utilizados para determinar la concentración de acidez obtenidos de la medición de pH haciendo uso del pHmetro calibrado y así representar el comportamiento de cada cultivar de *Spondias purpurea* L, antes de utilizar los solventes químicos. Se muestra que el cultivar clonal Cocer es el que posee mayor valor de pH (5.3), a diferencia del cultivar San franciscano que resultó con menor valor de pH (2.58). Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez (Figura 11).

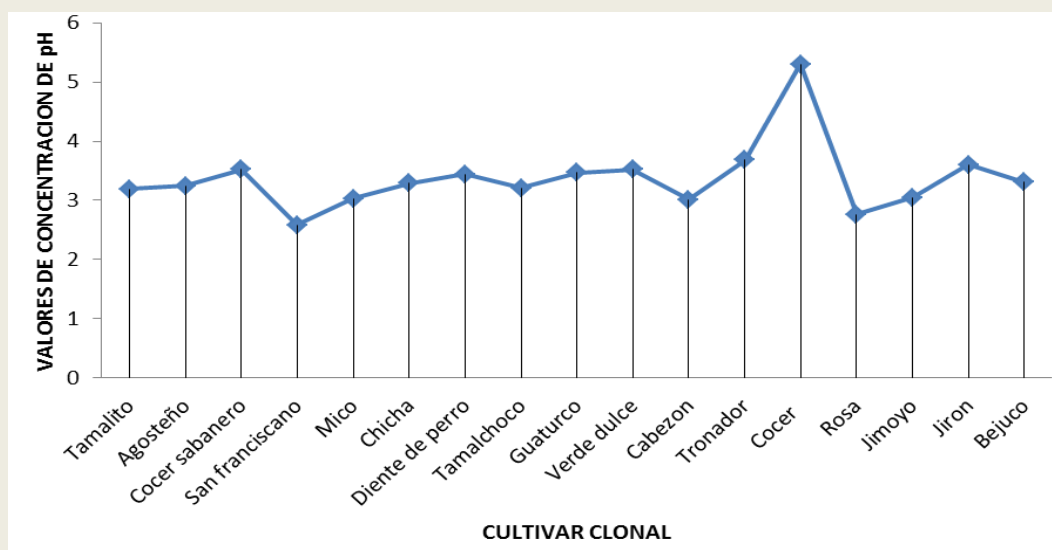


Figura 11. Valores de concentración de pH alcanzado en los folíolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando la maceración directa.

4.7.2. Representación gráfica de pH Solvente Benceno

En la Figura 12, el cultivar clonal Cocer (3.92) es el que posee mayor valor de pH, a diferencia del cultivar San franciscano (2.61) que resultó con el menor pH. Según la escala de pH (Cuadro 2) el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez. Al aplicar Benceno en ambas muestras no se presentó un cambio significativo.

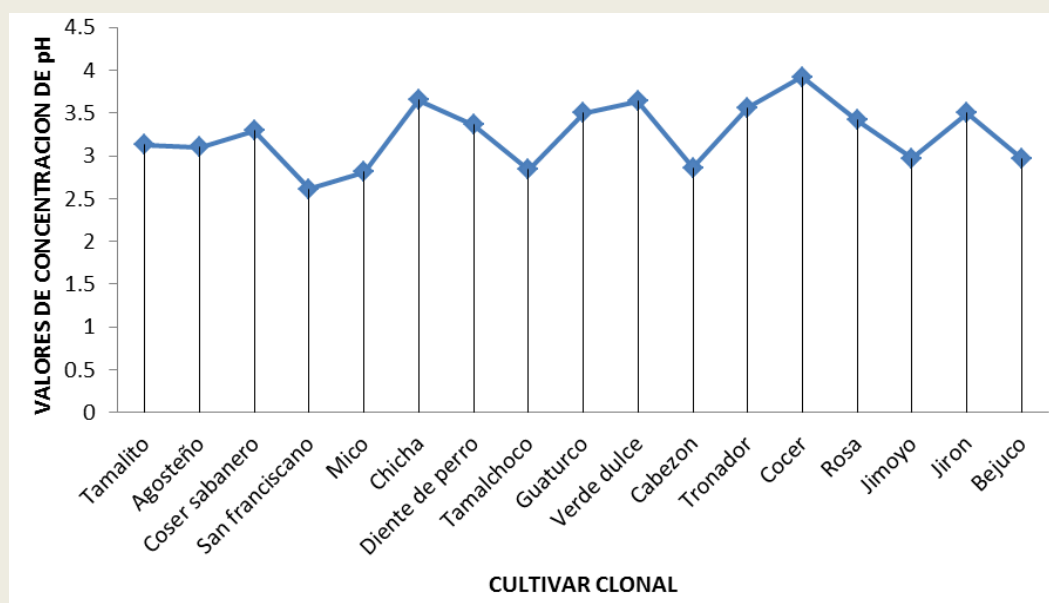


Figura 12. Valores de concentración de pH alcanzado en los folíolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente benceno.

4.7.3. Representación gráfica de pH Solvente Tetracloruro de carbono

El cultivar clonal Guaturco es el que posee mayor valor de pH (3.85), por el contrario el cultivar San franciscano resultó con el menor pH (2.56). Según la escala de pH (Cuadro 2) que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez (Figura 13).

Se demuestra nuevamente que el cultivar San franciscano empleando Tetracloruro de carbono se encuentra en el rango Fuertemente ácido, mientras que el cultivar Guaturco aumenta su nivel de concentración de pH.

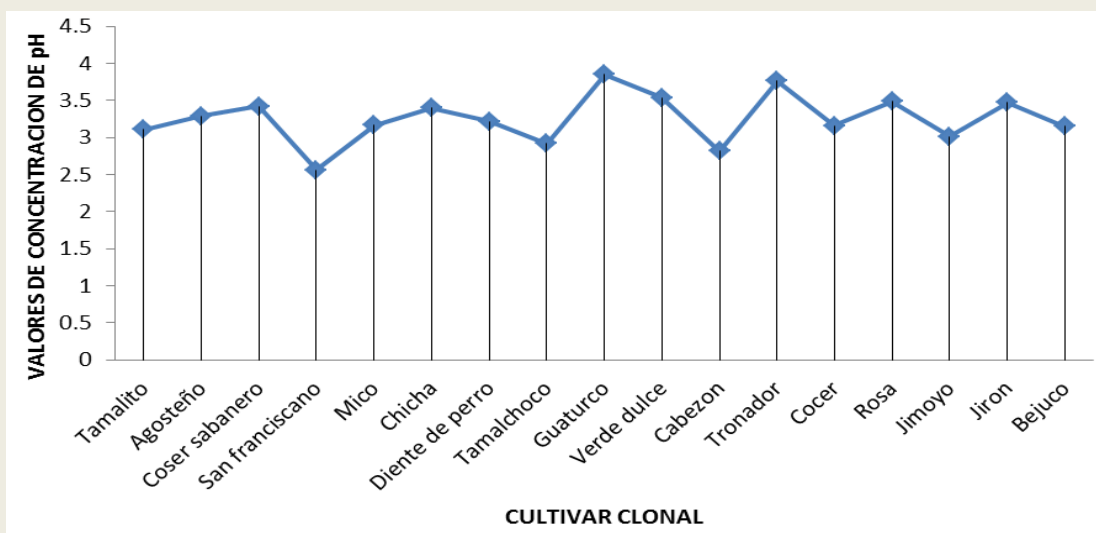


Figura 13. Valores de concentración de pH alcanzado en los folíolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Tetracloruro de carbono.

4.7.4. Representación gráfica de pH Solvente Etanol

El cultivar Cocer resultó con el mayor pH (4.14), similar al manipular la muestra con el solvente Benceno. A diferencia el Cultivar clonal San franciscano (3.03) posee menor valor de pH, ocurriendo lo mismo al utilizar los solventes Benceno y Tetracloruro de carbono. Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez (Figura 14).

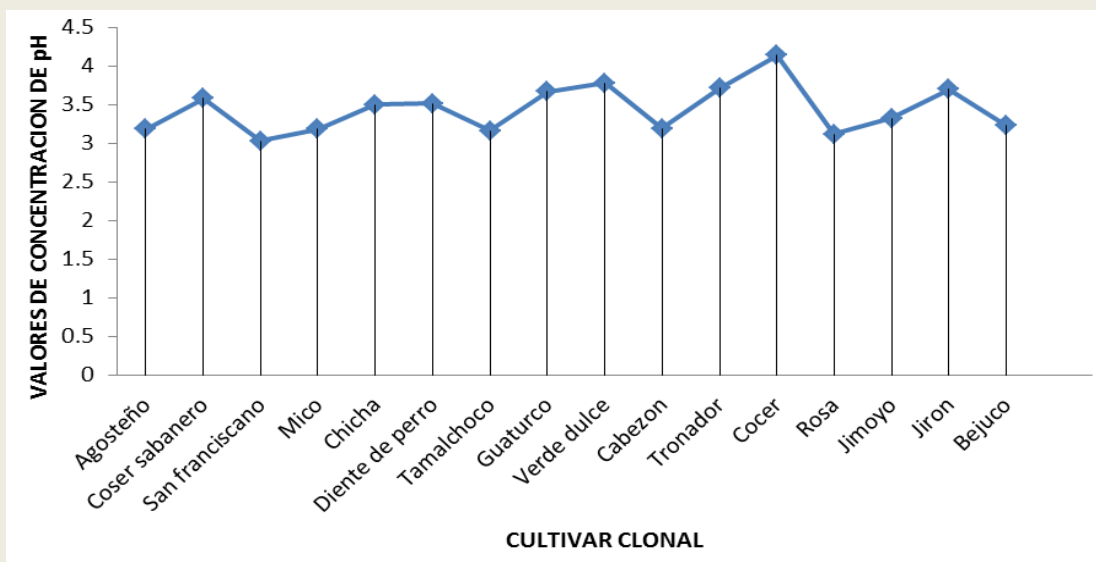


Figura 14. Valores de concentración de pH alcanzado en los folíolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Etanol.

4.7.5. Representación gráfica de pH Solvente Agua destilada.

En la representación gráfica (Figura 15), el cultivar clonal Cocer es el que posee mayor valor de pH (5.11), a diferencia del cultivar Rosa (2.82) que resultó con el menor pH. Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que el cultivar clonal Rosa es el cultivar clonal con mayor concentración de acidez.

Comparando los resultados se demuestra que el cultivar San franciscano es el que conserva bajo su nivel de concentración de pH ante la utilización de solventes químicos; a diferencia del Agua destilada que reaccionó con menor valor el cultivar Rosa. El cultivar Cocer se mantiene en un elevado nivel de pH considerándose Ácido en relación a los solventes utilizados en este estudio, a excepción del cultivar Guaturco el cual reaccionó con mayor concentración de acidez ante el solvente Tetracloruro de carbono.

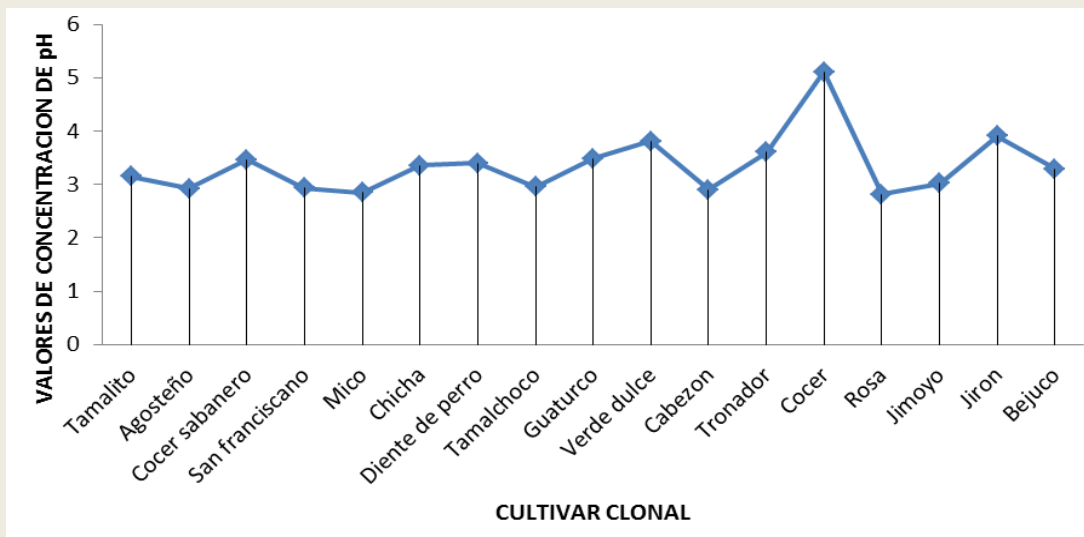


Figura 15. Valores de concentración de pH alcanzado en las foliolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Agua destilada.

4.8. Representación gráfica para determinar el cultivar clonal con mayor concentración de acidez en el raquis con respecto a los solventes utilizados

4.8.1. Representación gráfica de pH Maceración directa

La figura 16, se muestra que el cultivar clonal Rosa es el que posee mayor valor de pH (5.05) concentrados en el raquis de la 17 muestras, a diferencia del cultivar San franciscano que resultó con el menor pH (2.91). Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez. Se observó similitud al cotejar la medición de pH con las muestras maceradas de los foliolos del cultivar San franciscano que son las que poseen mayor contenido de acidez, por tanto coinciden en nivel de concentración de pH Fuertemente ácido.

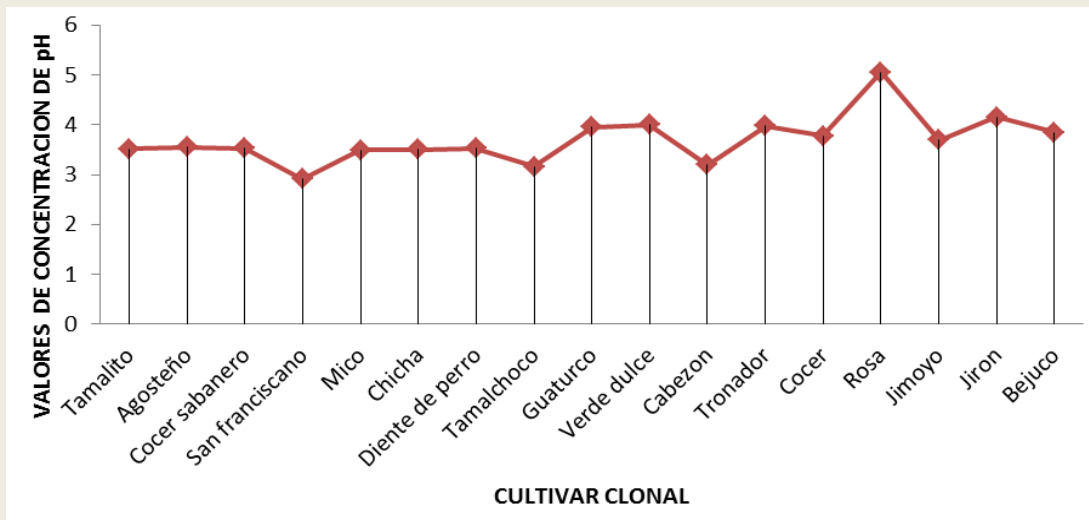


Figura 16. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando la maceración directa.

4.8.2. Representación gráfica de pH Solvente Benceno

El cultivar de Cocer que posee mayor nivel de pH (5.29), por el contrario los cultivares clonales de San franciscano y Rosa poseen igual valor de pH (3.15) por consiguiente menor nivel de pH, a diferencia del. Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) los cultivares San franciscano y Rosa se encuentran en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto son los cultivares con mayor concentración de acidez (Figura 17). Se observa que previo al emplear el solvente Benceno el cultivar San franciscano se mantiene en su bajo nivel de concentración de pH y el cultivar Rosa macerado su nivel de pH es mayor y al estar en contacto con el solvente disminuyó.

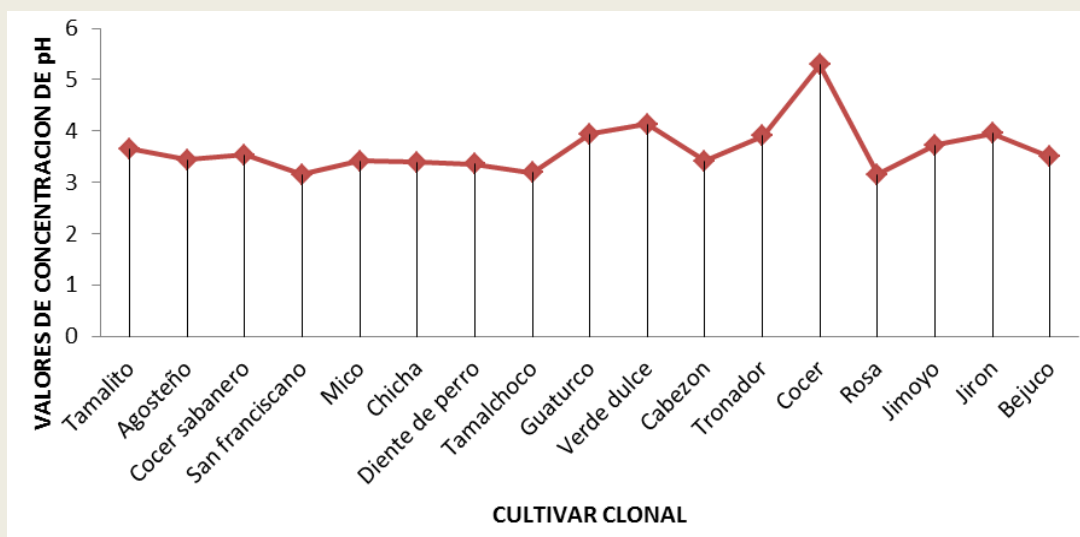


Figura 17. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Benceno.

4.8.3. Representación gráfica de pH Solvente Tetracloruro de carbono

En la figura 18, el cultivar clonal Guaturco es el que posee mayor nivel de pH (4.36), a diferencia del cultivar San franciscano posee menor nivel de pH (2.79). Según el Cuadro 2, la escala de pH demuestra que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez.

Empleando el Tetracloruro de carbono se demuestra nuevamente que el cultivar san franciscano mantiene su nivel de concentración de pH al igual que el Benceno; mientras que el cultivar Guaturco aumentó su nivel de concentración de acidez. Se puede apreciar que se dio igualdad ante la aplicación de Tetracloruro de carbono en los folíolos.

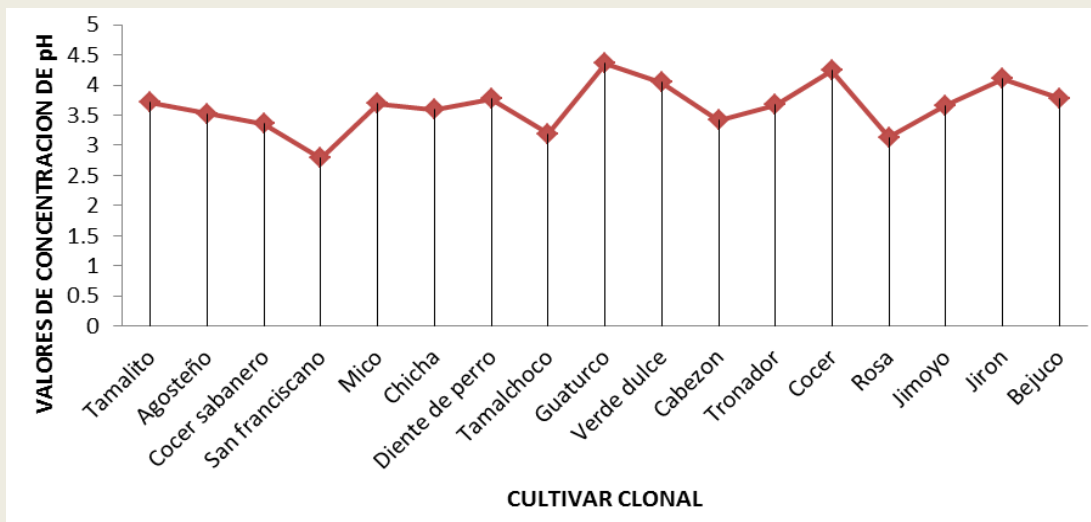


Figura 18. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Tetracloruro de carbono.

4.8.4. Representación gráfica de pH Solvente Etanol

En la figura 19, el cultivar Jimoyo posee mayor nivel de pH (4.49); el cultivar clonal San franciscano posee menor nivel de pH (3.32); lo mismo ocurre al utilizar los solventes de Benceno y Tetracloruro de carbono. Según el Cuadro 2, la escala de pH demuestra que el cultivar San franciscano es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez por encontrarse en el rango Fuertemente ácido.

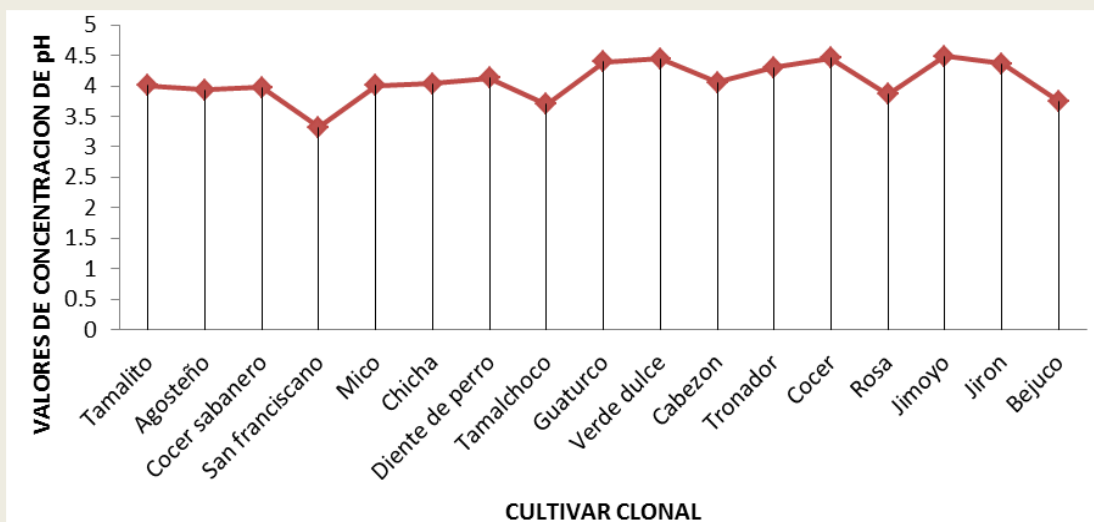


Figura 19. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando el solvente Etanol.

4.8.5. Representación gráfica de pH Solvente Agua destilada

El cultivar clonal Guaturco es el que posee mayor nivel de pH (4.15), a diferencia del cultivar San franciscano posee menor nivel de pH (3.18). Según el Cuadro 2 la escala de pH demuestra que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez (Figura 20).

Se demuestra que el cultivar San franciscano conserva bajo su nivel de concentración de pH ante la utilización de solventes químicos; los cultivares Tronador y Jimoyo aumentan su concentración al estar en contacto con los solventes químicos de Benceno y Etanol, por tanto se mantienen en un elevado nivel de pH considerándose Ácidos en relación a los demás solventes utilizados en este estudio, a excepción del solvente Tetracloruro de carbono en el cual se presentó similitud en los resultados de clasificación de pH en las muestras de foliolos y raquis de San franciscano y Guaturco en el análisis gráfico de la determinación de pH.

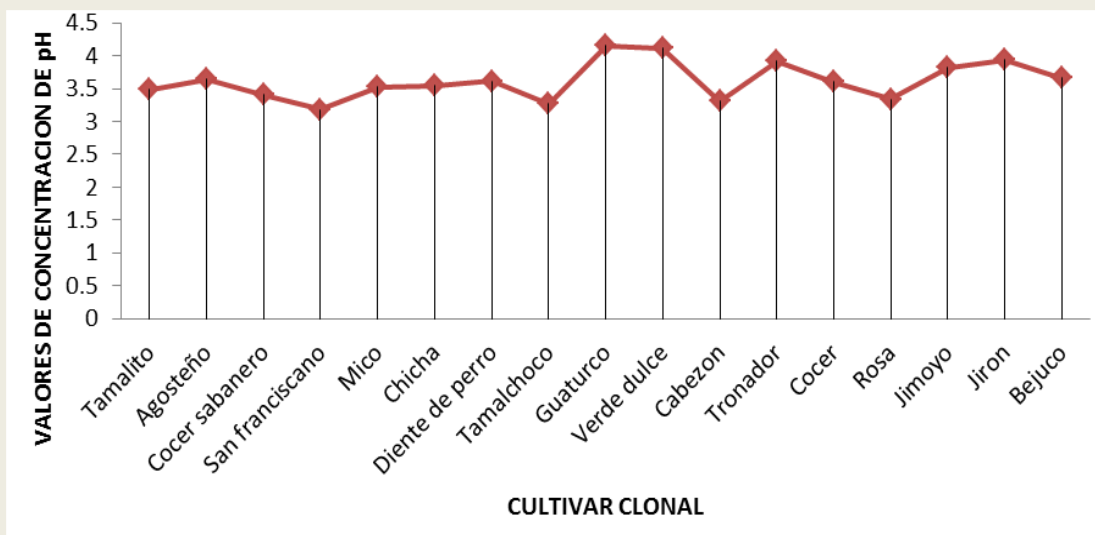


Figura 20. Valores de concentración de pH alcanzado en el raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, empleando agua destilada.

4.9. Representación gráfica para determinar el cultivar clonal con mayor concentración de acidez en la elaboración de las infusiones

4.9.1. Representación foliolos secos

El cultivar clonal Chicha es el que posee mayor nivel de pH (4.51), a diferencia del cultivar Cocer posee menor nivel de pH (2.83). El Cuadro 2, la escala de pH demuestra que el cultivar San franciscano se encuentra en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez (Figura 21).

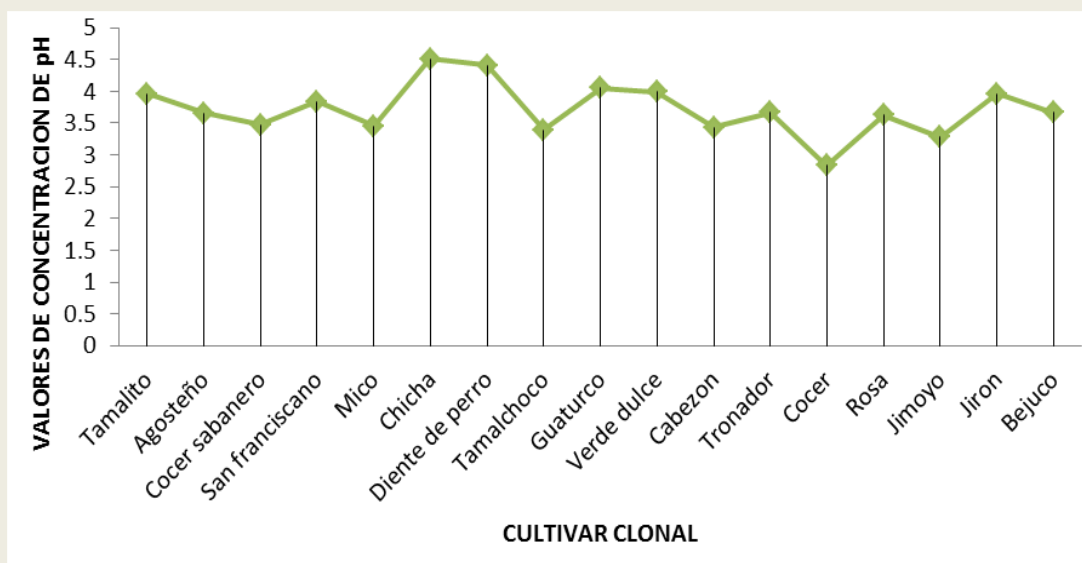


Figura 21. Valores de concentración de pH alcanzado en la elaboración de infusiones de foliolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L.

4.9.2. Representación raquis seco

En la figura 22, se demuestra que el cultivar clonal Guaturco es el que posee mayor nivel de pH (4.55), a diferencia del cultivar Tamalchoco posee mayor nivel de pH (3.30). La escala de pH (Cuadro 2) demuestra que el cultivar Tamalchoco se encuentra en un nivel Fuertemente ácido, por lo tanto es el cultivar clonal que posee mayor concentración de acidez. No existe ninguna coincidencia ante la reacción de pH en la elaboración de infusiones. Se comprueba nuevamente que el raquis del cultivar San franciscano es el que posee menor nivel de acidez, por tanto se le conoce como Fuertemente ácido.

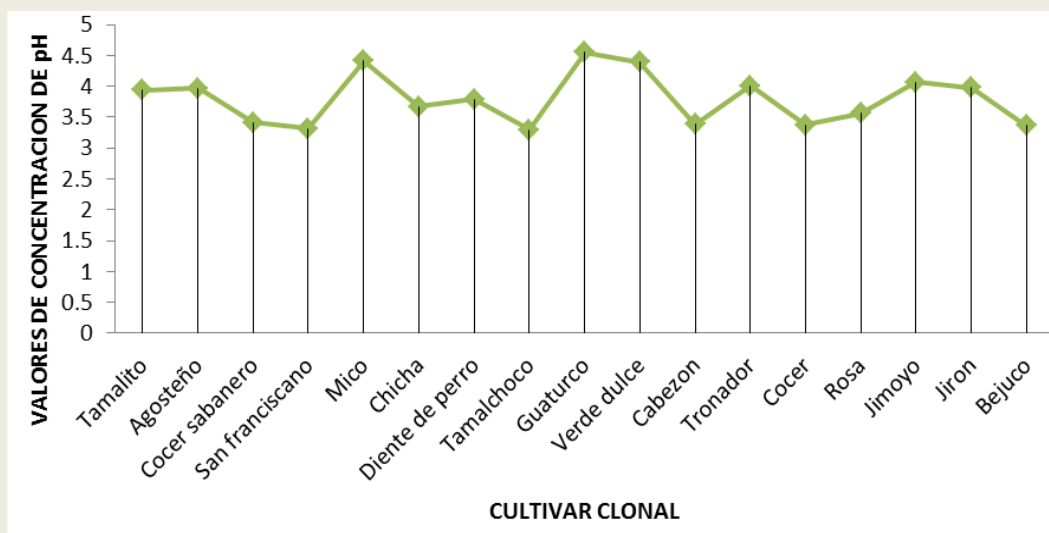


Figura 22. Valores de concentración de pH alcanzado en la elaboración de infusiones en raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L.

4.10. Representación gráfica de los valores pH empleando los solventes químicos para la determinación del nivel de concentración de acidez

4.10.1. Valores de concentración de los niveles de pH en foliolos macerados

En la figura 23, según análisis estadístico realizado a través de la distribución de frecuencias y haciendo uso de la media aritmética obtenida en cada formulación realizada para determinar la concentración de acidez en los foliolos, el solvente Tetracloruro de carbono es el que posee menor nivel de pH con un promedio de 3.08, seguido de los solventes Benceno y Agua destilada con promedio de 3.2.

El solvente Etanol es el que posee mayor promedio (4.07). Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que las muestras de foliolos al estar en contacto con los solventes Tetracloruro de carbono, Benceno y Agua destilada se encuentran en el rango Fuertemente ácido, por lo tanto el Tetracloruro de carbono es el que posee mayor concentración de acidez.

El Tetracloruro de carbono demuestra una baja solubilidad ya que este presenta un comportamiento menos polar o apolar el cual provoca un incremento en el grupo hidroxilo H^+ al estar en contacto con los folíolos.

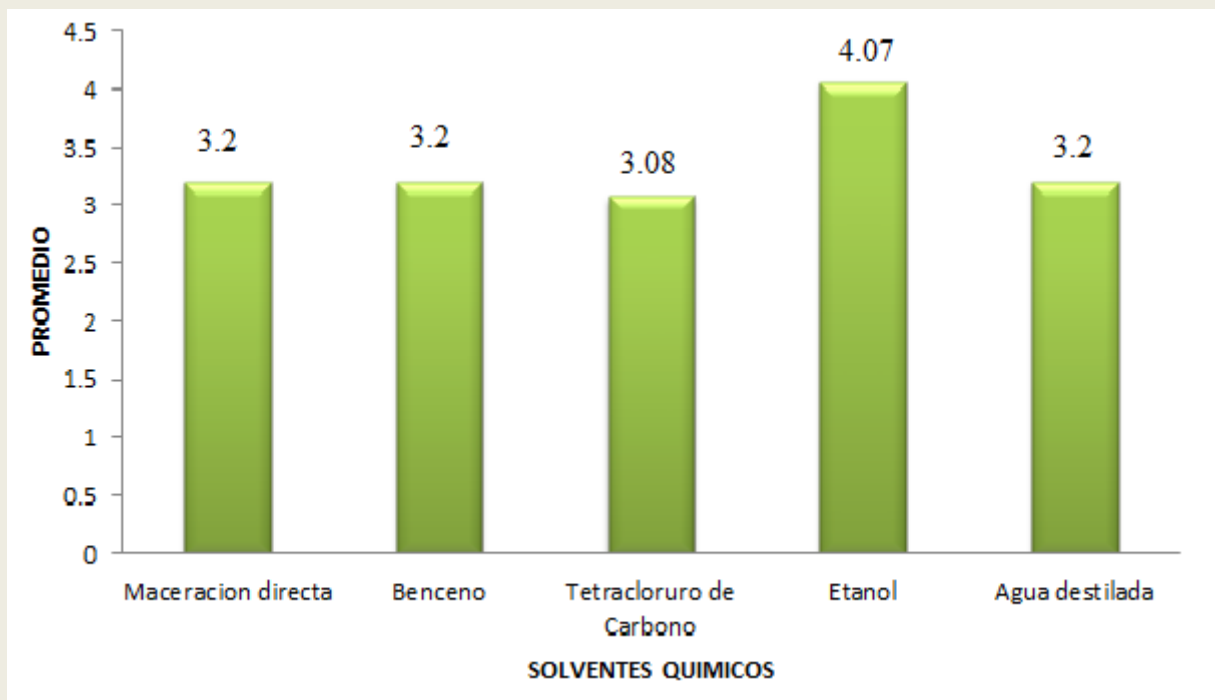


Figura 23. Valores de pH según el nivel de concentración alcanzado por los solventes utilizados en los folíolos de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L.

4.10.2. Valores de concentración de los niveles de pH en raquis macerado.

Según análisis estadístico realizado a través de la distribución de frecuencias y haciendo uso de la media aritmética para determinar la concentración de acidez en el raquis el solvente Benceno, posee el menor nivel de pH con un promedio de 3.5; seguido de los solventes Tetracloruro de carbono y Agua destilada de los cuales se obtuvo una media similar de 3.91 y el solvente Etanol obtuvo el promedio mayor (4.38) al igual que la media aritmética obtenida en la determinación de acidez en los folíolos.

Esto significa según la escala de pH elaborada para este estudio (Cuadro 2) que el solvente Benceno se encuentra en un nivel Fuertemente ácido, por lo tanto es el que posee mayor concentración de acidez. El Benceno presenta una bajo comportamiento debido a la baja solubilidad al estar en contacto con el raquis macerado (Figura 24).

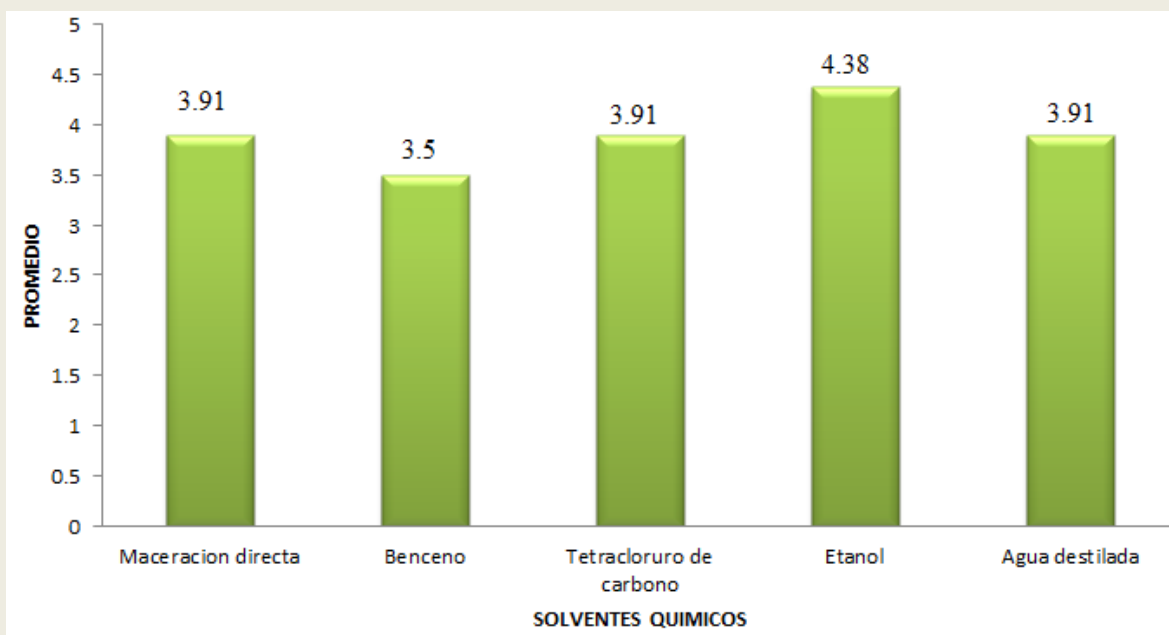


Figura 24. Valores de pH según el nivel de concentración alcanzado por los solventes utilizados en raquis de los cultivares clonales de *Spondias purpurea* L.

V. CONCLUSIONES

Al comparar las variaciones de pH en las foliolos de los 17 cultivares clonales de *Spondias purpurea* L, y empleando el análisis estadístico mediante las tablas de distribución de frecuencias, se afirma que el solvente Tetracloruro de carbono es el solvente que posee menor nivel de acidez y al clasificarlo con la escala de pH se demuestra que es el solvente con mayor concentración de acidez.

Al comparar las variaciones de pH en el raquis, se comprueba que el solvente Benceno es el que posee menor nivel de pH, por tanto es el solvente con mayor concentración de acidez por estar clasificado en el rango fuertemente ácido según escala de pH elaborada para este estudio.

Al estimar la pérdida de humedad tanto en foliolos como el raquis se observó que el cultivar clonal Rosa es el que pierde mayor contenido de humedad en el proceso de desecación.

Las muestras de foliolos en los cultivares clonales de San franciscano, Mico, Cocer y Rosa son los que poseen menor nivel de pH al estar en contacto con los solventes químicos, por lo tanto según la escala de pH asignada para esta investigación son los cultivares con mayor concentración de acidez.

El cultivar clonal de San franciscano es el que posee mayor concentración de pH según escala de pH, por ser el que posee menor nivel de pH en el raquis al estar en contacto con los solventes.

De acuerdo al pH obtenido de los foliolos y raquis secos se comprueba que el foliolo del cultivar Cocer y el raquis de San franciscano son los que poseen mayor concentración de acidez, por tanto tienen mayor riqueza fitoquímica para la elaboración de infusiones.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones sobre pH de Cultivares clonales en frutos, flores ya que existe muy poca información sobre la especie de jocote (*Spondias purpurea* L), se ha dado evidencia que es un árbol de fácil propagación y con un potencial rentable, sin embargo muy pocos se han interesado por el estudio y cultivo del mismo.

LITERATURA CITADA

ACTASDERMO (Actasdermo sifilográficas).s.f. Vitamina C y sus propiedades: Figuras vitamina C (en línea). Barcelona, ES. Consultado 17 ene 2015. Disponible en <http://www.actasdermo.org/es/vitamina-c/articulo/13095269/,6>

Baraona, M. 2000. Jocote, Anona y Cas, Tres Frutas Campesinas de América. Heredia, CR. 151 p.

Barona, M; Rivera, G. 2000. Desarrollo del jocote (*Spondia purpurea* L) y de las (*Psidium friedrichsthalianum* Berg) en el bosque húmedo premontano de Costa Rica. San José, CR. 23 p.

Bustillo, Y; Peña, A. 2012. Establecimiento y caracterización dendrológica de cultivares clonares *Spondia sp* L, en el Arboretum de la Universidad Nacional Agraria. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI. p 5- 65.

Carbajal, A; Gonzales, M. 2001. Agua para salud pasado presente futuro: Propiedades y funciones biológicas del agua. Madrid, ES 66 p.

Clescleri, L; Greenberg, A; Rhodes, R. 1989. Métodos normalizados para el análisis de Aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid, ES. 66 p.

Chang, R. 1999. Química. Ed. Mc Graw Hill. 6 ed. México, MX. 144 p.

Chang, R. 2010. Fundamentos de Química. Ed. Mc Graw Hill. México, MX. 157 p.

Eldra, P; Linda, R. 1999. Biología. Ed. Mc Graw Hill Interamericana. México, MX. 106 p.

Fonturbel, F; Acha, D; Moncada, D. 2007. Manual de introducción a la Botánica. Publicaciones integrales. 2 ed. La paz, BO. 34 p.

Font, Q. 1982. Diccionario de Botánica. Ed. Labor S.A. 5 ed. Barcelona, ES. 1200 p.

García, J; Teyon, J. 1993. Formulación y nomenclatura química inorgánica: Normas U.I.P.A.C. Madrid, ES. 89 p.

Manrique, J; Fernández, J; Martínez, I; Bregel, I; Santos, M. s.f. Que es el pHmetro: Uso del pHmetro para medir acidez (en línea). Managua, NI. Consultado 17 ene 2015. Disponible en: <http://aulas.iesjorgemanrique.com/calculus/quimica/practicaslabb/pHmetro1.html>.

Mitchell, J. 2001. Flora de Nicaragua. Tomo I. ed. Missouri, US. 943 p.

Ocampo, G; Fabila, A. 1999. Fundamentos de Química 1. Publicaciones culturales. 5 ed. México, MX. 123 p.

Ordoñez, N. 2004. Establecimiento y caracterización dendrológica de cultivares clonales (*Spondia purpurea* L) y Jobo (*Spondia bombín* L) en los departamentos de Granada y Masaya. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI. p 5-23.

Pastrana, D; Reyes, M. 2007. Determinación preliminar de crecimiento de rebrotes en diferentes cultivares clonales de jocote (*Spondia purpurea* L y *Spondia bombín* L) en el Arboretum de la Universidad Nacional Agraria. Tesis Ing. Forestal Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI. p 5-45 p.

Phillips, S; Victor, S; Strozack, C. 2000. Química: Conceptos y aplicaciones. Ed. Mc Graw Hill. México, MX. 28 p.

Recio del Bosque, F. 2000. Química Inorgánica. Ed. Mc Graw Hill. México, MX. 145 p.

Rubner, M. 2013. Ciencias Físico Naturales. Ed. Mc Graw Hill. México, MX. 35 p.

Ruenes, M; Morales, A; Casas, J; Osorio, J. Etnobotánica de *Spondia purpurea* L (Anacardiácea). Yucatán, MX. 247 p.

Salas, J. 1993. Árboles de Nicaragua. IRENA (Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente). Managua, NI. 123 p

Sousa, G. 2009. Energía y ambiente. Barcelona, ES. 23 p

Spiegel, M. 1991. Probabilidad y Estadística: Población y Muestra. 2 ed. Madrid, ES. p 67-98.

Wits, B. 1982. Árboles del Parque Deininger. Dirección de Publicaciones del Ministerio de Educación. San Salvador, SV. 336 p

ANEXOS

Anexo 1. Valores de pH de foliolos de *Spondias purpurea* L

CULTIAR CLONAL	pH DIRECTO DE LA MACERACIÓN	pH CON SOLVENTES			
		BENCENO	CCl ₄	ETANOL	AGUA
Jocote tamalito	3.19	3.13	3.11	3.34	3.15
Jocote agosteo	3.25	3.1	3.29	3.18	2.92
Jocote de cocer sabanero	3.52	3.29	3.42	3.58	3.46
Jocote san franciscano	2.58	2.61	2.56	3.03	2.93
Jocote mico	3.03	2.81	3.17	3.18	2.85
Jocote chicha	3.29	3.65	3.4	3.5	3.36
Jocote diente de perro	3.44	3.36	3.22	3.51	3.4
Jocote Tamalchoco	3.21	2.84	2.92	3.16	2.96
Jocote Guaturco	3.47	3.5	3.85	3.67	3.49
Jocote verde dulce	3.52	3.64	3.54	3.78	3.81
Jocote cabezón	3.01	2.86	2.82	3.19	2.9
Jocote tronador	3.68	3.56	3.76	3.71	3.61
Jocote de cocer	5.3	3.92	3.16	4.14	5.11
Jocote rosa	2.76	3.42	3.49	3.12	2.82
Jocote jimoyo	3.05	2.97	3.01	3.32	3.02
Jocote jirón	3.6	3.5	3.47	3.7	3.91
Jocote bejuco	3.31	2.97	3.15	3.23	3.29

Anexo 2. Valores de pH de raquis de *Spondias purpurea* L

CULTIVAR CLONAL	pH DIRECTO DE LA MACERACIÓN	PH CON SOLVENTES			
		BENCENO	CCL4	ETANOL	AGUA
Jocote tamalito	3.51	3.65	3.71	4.01	3.49
Jocote agostño	3.55	3.44	3.52	3.93	3.64
Jocote de cocer sabanero	3.53	3.53	3.36	3.97	3.41
Jocote san franciscano	2.91	3.15	2.79	3.32	3.18
Jocote mico	3.49	3.41	3.69	4.01	3.52
Jocote chicha	3.5	3.39	3.59	4.04	3.54
Jocote diente de perro	3.53	3.35	3.77	4.13	3.61
Jocote Tamalchoco	3.16	3.19	3.19	3.7	3.27
Jocote Guaturco	3.95	3.94	4.36	4.39	4.15
Jocote verde dulce	4.0	4.13	4.05	4.45	4.11
Jocote cabezón	3.19	3.41	3.42	4.06	3.31
Jocote tronador	3.98	3.91	3.67	4.3	3.92
Jocote de cocer	3.77	5.29	4.24	4.46	3.6
Jocote rosa	5.05	3.15	3.13	3.86	3.34
Jocote jimoyo	3.69	3.72	3.66	4.49	3.82
Jocote jirón	4.15	3.95	4.1	4.36	3.94
Jocote bejuco	3.84	3.5	3.78	3.75	3.66

Anexo 3. Peso total neto de las hojas de *Spondias purpurea* L

MUESTRA		PESO SECO(g)	PESO BOLSA(g)	PESO TOTAL NETO
Guaturco	Foliolos	20.3	5.8	14.4
	Raquis	5.7	5.0	0.7
Tamalito	Foliolos	19.6	6.6	13
	Raquis	7.3	6.4	0.9
Tronador	Foliolos	13.8	5.5	8.3
	Raquis	7.3	5.5	1.8
Verde dulce	Foliolos	14.9	6.2	8.7
	Raquis	5.9	5.5	0.4
Cocer Sabanero	Foliolos	14.4	6.9	7.5
	Raquis	9	6.1	2.9
Mico	Foliolos	15.8	6.5	9.3
	Raquis	6.9	6.3	0.6
Cabezón	Foliolos	11	6.1	4.9
	Raquis	6.9	5.4	1.5
Jimoyo	Foliolos	12.3	5.6	6.7
	Raquis	7.7	5.8	1.9
Rosa	Foliolos	18.5	5.6	12.9
	Raquis	7.7	5.8	1.9
Tamalchoco	Foliolos	12.8	6.17	6.63
	Raquis	7.6	5.8	1.8
Diente perro	Foliolos	12.8	5.6	7.2
	Raquis	8.1	6.2	1.9
Chicha	Foliolos	17.1	6.2	10.9
	Raquis	8.3	5.7	2.6
Agosteño	Foliolos	15.7	6.4	9.3
	Raquis	6.5	5.8	0.7
San Franciscano	Foliolos	8.2	6.8	1.4
	Raquis	21.3	6.7	14.6
Jirón	Foliolos	13.3	5.87	7.4
	Raquis	13.3	5.87	7.4
Bejuco	Foliolos	18.8	6.67	12.1
	Raquis	7.9	5.5	2.4
Cocer	Foliolos	18.2	5.5	12.7
	Raquis	6.8	7.08	-0.28

Anexo 4. Valores de pH seco de las hojas de *Spondias purpurea* L

CULTIVAR CLONAL	pH FOLIOLOS SECOS	pH RAQUIS SECO
Jocote tamalito	3.96	3.94
Jocote agosteo	3.66	3.97
Jocote cocer sabanero	3.47	3.42
Jocote san franciscano	3.84	3.32
Jocote mico	3.45	4.41
Jocote chicha	4.51	3.67
Jocote diente de perro	4.41	3.79
Jocote tamalchoco	3.39	3.30
Jocote Guaturco	4.05	4.55
Jocote verde dulce	3.99	4.39
Jocote cabezón	3.43	3.39
Jocote tronador	3.67	4.01
Jocote cocer	2.83	3.38
Jocote rosa	3.63	3.56
Jocote jimoyo	3.28	4.07
Jocote jirón	3.96	3.98
Jocote bejuco	3.67	3.37

Anexo 5. Descripción botánica de la *Spondias purpurea* L

El jocote es un árbol mediano con un tronco grueso y ramas extendidas, que alcanza alturas no más de 15 metros (Figura 25). La corteza es blanda y rica en gomas, se daña y se quiebra fácilmente, al igual que la madera, según lo afirma Baraona, (2000). En los primeros años el crecimiento es vigoroso y las ramas tienden a hacer verticales. Con el tiempo por el peso de las ramas estas se van horizontalizando y a veces se doblan hacia el suelo.

Árbol o arbusto caducifolio, de 3 a 8 m (hasta 15 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 80 cm. Las foliolos son alternas, de 12 a 15 cm. de largo, imparipinada, tienen pecíolo común angulado de 9 a 19 hojuelas alternas, abobadas hasta lanceoladas u oblonga – elípticas, 2 a 4 cm. de largo y de 1 a 2 cm. de ancho, agudas pero no acuminadas, con base oblicuamente cuneiforme, subsiles con margen inconspicuamente aserrado en la parte apical.

Foliolos de 6 a 28 cm. de largo, 5 a 27 folioladas; elípticos, ovados a obovados o lanceolados, generalmente asimétricos, 3 a 6 cm. de largo y de 1 a 2.5 cm. de ancho, ápice obtuso a agudo, a veces retuso, acumen mucronato, base cuneada o atenuada, oblicua, margen entero a uncinado – serrulado hacia el ápice; pecíolo de 2 a 5.2 cm. de largo, ráquis de 8 a 20 cm. de largo. Fruto oblongo – obovoide o sub globoso, de 1.8 cm. de largo (seco) generalmente rojo, a veces anaranjado o amarillo cuando maduro (Mitchell, 2001).

El fruto es una drupa relativamente pequeña de 2.5 a 5 cm. De largo, de color púrpura, rojizo o amarillo. El epicarpio es firme y lizo, el mesocarpio es carnososo, amarillo, jugoso y de sabor dulce acidulado. El endocarpio es duro, constituido por fibras y en su interior se encuentran unas escamas, que son remanentes de los óvulos parcialmente desarrollados. Estos óvulos no pueden ser fecundados por ausencia de granos de polen, al no madurar las células madres de los microsporas. Por tanto el fruto de jocote se produce por partenocarpías.

El fruto es una drupa elipsoidal u oboiforme de 2.5 a 5 cm. De largo lisa y brillante, de color púrpura o amarillo rojo vino según el cultivar clonal, con el epicarpio (cáscara) firme. El mesocarpio (pulpa) carnososo, amarillo, de 5 a 7 mm de grosor, es dulce, acidulado, de sabor muy agradable. El endocarpio (pepa) ocupa la mayor parte del fruto, es un cuerpo duro como madera, constituido por fibras entre las que se hallan los restos de semillas mal formados en forma de escamas (Ruenes, M, *et al.*, 2001).



Figura 25. Descripción botánica Árbol de *Spondias purpurea* L, 2015.

Anexo 6. Propiedades físicas y químicas de los solventes utilizados en esta investigación

Solvente Benceno

El benceno es un solvente orgánico de fórmula general C_6H_6 . Presenta las siguientes propiedades físicas: es un líquido incoloro, de olor característico, insoluble en el agua, pero soluble en alcohol, el caucho, etc. Disuelve el yodo, el fósforo, el azufre, el alcanfor, las sustancias grasas, el caucho, etc. Es menos denso que el agua y hierve a $80^\circ C$ (Phillips *et al.*, 2007).

La estructura química del ácido ascórbico permite identificar un comportamiento polar, lo que indica que al contacto con el benceno, el cual presenta un comportamiento apolar, se da una baja solubilidad entre los mismos. Esto suceda por la baja formación de cargas positivas (cationes) y de cargas negativas (aniones) entre la interacción de ambas moléculas. Quien favorece cierta solubilidad son los grupos hidroxilos (OH^-) del ácido ascórbico, que interactúan con los electrones deslocalizados de la molécula de benceno. Sin embargo, debido a esta poca interacción se genera el aumento de cargas positivas (H^+), es decir, el ascenso de la concentraciones de iones H^+ , provocando una disminución del pH y, consecuente, un aumento en la acidez de la disolución.

La finalidad del uso de benceno es únicamente identificar la solubilidad del material orgánico constituyente de la hoja de *Spondias purpurea* L, y vincularlo al comportamiento de los valores de pH, dado que este es el indicador que se está evaluando en el estudio. El aumento de la acidez ante solventes orgánicos, en este caso benceno, está demostrando el gran potencial que poseen las hojas analizadas como portadoras de ácidos orgánicos, en particular ácido ascórbico.

Solvente Tetracloruro de carbono

El tetracloruro de carbono es un solvente orgánico de fórmula general CCl_4 . Presenta las siguientes propiedades físicas: es un líquido incoloro, de olor característico, insoluble en el agua, pero soluble en alcohol, el caucho, etc. Disuelve el yodo, el fósforo, el azufre, el alcanfor, las sustancias grasas, el caucho, etc. Es menos denso que el agua y hierve a $80^\circ C$.

La estructura química del ácido ascórbico permite identificar un comportamiento polar, lo que indica que al contacto con el Tetracloruro de carbono, el cual presenta un comportamiento apolar, se da una baja solubilidad entre los mismos. Esto sucede por la baja formación de cargas positivas (cationes) y de cargas negativas (aniones) entre la interacción de ambas moléculas. Sin embargo, debido a esta poca interacción se genera el aumento de cargas positivas (H^+), es decir, el ascenso de las concentraciones de iones H^+ , provocando una disminución del pH y, consecuente, un aumento en la acidez de la disolución (Ocampo y Fabila, 1999).

Solvente Etanol

El etanol es un solvente orgánico de fórmula general CH_3-CH_2-OH . Presenta las siguientes propiedades físicas: es un líquido incoloro, volátil e inflamable, de olor ligero, insoluble en el agua (Ocampo y Fabila, 1999).

El etanol es un disolvente versátil, miscible con agua y con muchos disolventes orgánicos, incluyendo el ácido acético, acetona, benceno, tetracloruro de carbono, cloroformo, éter dietílico, etilenglicol, glicerol, nitrometano, piridina, y tolueno. También es miscible con hidrocarburos alifáticos ligeros, tales como pentano y hexano, y con cloruros alifáticos tales como tricloroetano y tetracloroetileno.

Solvente Agua destilada

El agua (H_2O), es un compuesto químico inorgánico formado por dos átomos de Hidrógeno y uno de oxígeno. Esta molécula es esencial para los seres vivos, al servir de medio para el metabolismo de las biomoléculas y se encuentra en la naturaleza en sus tres estados y fue clave para su formación. Hay que distinguir entre el agua potable y el agua pura pues la primera es una mezcla que también contiene sales en solución; por eso es que en laboratorio y en otros ámbitos se utiliza agua destilada (Carbajal y González, 2001).

El agua es inodora, incolora e insípida, es decir, no tiene un olor propio, no tiene ni color ni sabor. Su importancia reside en que casi su totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en laboratorios y en la industria, tienen lugar en sustancias disueltas como el agua.

Anexo 7. Glosario elaborado para mejor comprensión de términos desconocidos en esta investigación

Acidez

La escala más común para cuantificar la acidez o la basicidad es el pH, que sólo es aplicable para disolución acuosa. Sin embargo, fuera de disoluciones acuosas también es posible determinar y cuantificar la acidez de diferentes sustancias (Ocampo y Fabila, 1999).

Arboretum

Es un jardín botánico dedicado primordialmente a árboles y otras plantas leñosas, que forman una colección de árboles vivos con la intención al menos parcialmente de estudiarlos científicamente (Bustillo y Peña, 2012).

Bromatología

Es la ciencia que estudia los alimentos en cuanto a su producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución, así como su relación con la sanidad (Phillips y Strozak, 2000)

Comportamiento polar

Son aquellas moléculas que atraen los electrones del enlace que son iguales. Una molécula es polar cuando uno de sus extremos está cargado positivamente, y el otro de manera negativa. Cuando una molécula es apolar, estas cargas no existen (García y Teyon, 1993).

Comportamiento apolar

Las moléculas apolares están formadas por átomos no metales unidos por enlaces covalentes, siempre que no exista entre ellos una diferencia de electronegatividad importante (García y Teyon, 1993).

Cultivar

Palabra que procede del inglés cultivated variety (variedad cultivada). Sirve para designar un conjunto de plantas cultivadas que se distinguen claramente por algunos caracteres (morfológicos, fisiológicos) y que al propagarse (sexual o vegetativamente) mantienen en la descendencia sus caracteres distintivos (Ordoñez, 2004).

Cultivar clonal

Población que procede de la multiplicación, por vía asexual, de un único individuo inicial. Sirve para designar un conjunto de plantas cultivadas que se distinguen claramente por algunos caracteres (morfológicos, fisiológicos) y que al propagarse (sexual o vegetativamente) mantienen en la descendencia sus caracteres distintivos (Bustillo y Peña; 2012).

Desecación

Extracción o eliminación de la humedad de un terreno o cuerpo (Phillips y Strozak, 2000).

Disolventes

Es una sustancia en la que se diluye un soluto (un sólido, líquido o gas químicamente diferente), resultando en una solución; normalmente es el componente de una solución presente en mayor cantidad (García y Teyon, 1993).

Especie

Jerarquía comprendida dentro del género y la variedad. Conjunto de individuos descendientes uno de otro o de padres comunes, y de los que se les parece tanto como aquellos entre sí (Font, 1982).

Fitoquímica

Son componentes químicos naturales, biológicamente activos, que se encuentran en los alimentos derivados de plantas (Phillips y Strozak, 2000).

Foliolos

Es el rabillo que une la lámina de una hoja a su base foliar o al tallo. Falta en las hojas sésiles (Fonturbel, *et al.*, 2007).

Hoja

Es el órgano vegetativo y generalmente aplanado de las plantas vasculares especializado para realizar la fotosíntesis (Fonturbel, *et al.*, 2007).

Infusiones

Es una bebida obtenida de las hojas, las flores o de los frutos de diversas hierbas, que pueden ser aromáticas, y se les vierte o se les introduce en agua caliente, sin que ésta llegue al punto de ebullición (Phillips y Strozak, 2000).

pH

El pH (potencial de Hidrógeno) es una medida utilizada por la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido (también se puede utilizar para gases). Se entiende por acidez la capacidad de una sustancia para aportar a una disolución acuosa iones de hidrógeno, hidrogeniones (H^{\pm}) al medio. La alcalinidad o base aporta hidroxilo OH^- al medio (Chang, 1999).

Si la solución posee un pH siete, es considerada neutra. Sin embargo el pH siete neutro se limita con seguridad, tan sólo a las soluciones acuosas, pues las que no son, si no están a una temperatura y presión normal, el valor de la neutralidad puede variar.

Plantación

Del latín *plantatio*, es la acción y efecto de plantar (meter una planta, un esqueje, un tubérculo o un bulbo en tierra) con el objetivo de que arraigue y crezca. El conjunto de lo plantado y el terreno en el que se cultivan plantas, por lo tanto, reciben el nombre de plantación

Raquis

Es el nervio central de la hoja compuesta_(Fonturbel, *et al.*, 2007).

Solubilidad

Es una medida de la capacidad de disolverse una determinada sustancia (solute) en un determinado medio (solvente). Implícitamente se corresponde con la máxima cantidad de soluto que se puede disolver en una cantidad determinada de solvente a una temperatura (Chang, 2010).

Variedad

Cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres muy secundarios aunque permanentes (Font, 1982).